ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 AVRIL 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu à Nice, de M. **R. de Forcrand de Coiselet**, Correspondant pour la Section de Chimie.

Notice nécrologique sur M. de Forcrand de Coiselet, par M. **Delépine**.

Robert de Forcrand de Coiselet faisait partie de notre compagnie à titre de Correspondant de la Section de Chimie depuis 1903.

Sa carrière scientifique s'est écoulée à peu près entièrement à Montpellier où il fut nommé en 1887 chargé du Cours de Chimie, puis professeur de Chimie à la Faculté des Sciences. Auparavant, en 1878, il avait été préparateur et chargé des fonctions de maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lyon; il quitta ces fonctions en 1882, pour le poste de préparateur du cours de Berthelot au Collège de France. Il reçut indubitablement de son illustre Maître une orientation thermochimique qui se retrouve dans nombre de ses travaux ultérieurs.

Les recherches de de Forcrand débutèrent par une étude sur les hydrates de gaz. Son premier maître, Loir, professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Lyon, lui avait signalé l'existence de combinaisons bien singulières formées par les dérivées organiques du genre du chloroforme avec l'hydrogène sulfuré et l'eau. De Forcrand put en préparer une trentaine qu'il a rattachées à une formule unique $M + 2H^2S + 23H^2O$, où M représente la molécule organique. Ce sont des corps cristallisant

nettement, tous cubiques. L'hydrogène sulfuré y est remplaçable par de l'hydrogène sélénié. Ce travail fut présenté comme thèse de Doctorat ès Sciences en 1882.

Il devait être, lorsque de Forcrand vint à Montpellier en 1887, complété par l'étude des hydrates simples de gaz entreprise avec la collaboration de notre confrère Paul Villard. A cette occasion, on put même unir l'argon à l'eau; si tant est que ces corps soient considérés comme des combinaisons, lâches il est vrai, c'est le seul exemple de combinaison de l'argon. Ces études offrent des difficultés, notamment dans l'établissement de la formule exacte, qui en font ressortir le mérite exceptionnel.

Le séjour de de Forcrand chez Berthelot fut le point de départ de recherches très étendues sur des combinaisons qui n'ont évidemment pas la fragilité des hydrates de gaz, mais sont également rangées par les chimistes au nombre des combinaisons peu stables, des combinaisons de deuxième ordre, si l'on peut dire. Il s'agit principalement des dérivés sodés des alcools mono- ou plurivalents, des phénols, de l'éther acétylacétique, de l'acétylène, des dérivés polysodés des hydroxyacides comme l'acide glycolique, etc. De Forcrand aborda le problème sous sa face énergétique, en soumettant à de minutieuses déterminations thermochimiques les substances en question, substances qu'il dut s'astreindre à préparer dans l'état de pureté le plus parfait possible; beaucoup d'entre elles, dont on soupçonnait à peine la possibilité d'existence, virent ainsi le jour pour la première fois.

De ce sujet qui conduisait à l'évaluation de la tonalité thermique du remplacement de l'hydrogène fonctionnel par le sodium, de Forcrand est passé tout naturellement à la notion d'acidité des molécules organiques ou minérales et il en a donné une théorie thermochimique. L'acidité serait ainsi mesurée par la valeur thermique de la substitution d'un atome de sodium à un atome d'hydrogène. Des valeurs obtenues avec des molécules très diverses, on peut déduire l'acidité d'une molécule donnée, avec une approximation suffisante, d'après des modules qui reflètent l'influence positive ou négative des différents groupements constitutifs.

Ces mêmes préocupations de subordination des propriétés générales aux données fournies par la thermochimie ont conduit de Forcrand à une large étude des métaux alcalins et alcalino-terreux qui aboutit à les classer dans l'ordre calcium, lithium, strontium, baryum, sodium, potassium, rubidium, cæsium. Les divers degrés d'oxydation de ces métaux ont été l'objet d'investigations fructueuses, car il importait de les préparer à l'état pur.

Une troisième catégorie de recherches de de Forcrand se rapporte à

l'utilisation de la loi de Trouton, dont M. Le Chatelier avait signalé l'importance théorique. En substituant dans la formule de Trouton, au numérateur qui représente la chaleur L de vaporisation d'un liquide, la chaleur de sublimation $L + S$, on peut étendre sa validité aux cas de dissociation hétérogènes les plus variés ; la constante, au lieu d'être de l'ordre de 22, devient de 28 à 32 ; dans ces conditions, la formule, pour des régions moyennes de température, est d'une application très générale.

Telle est l'esquisse des travaux de notre regretté collègue. Elle ne donne qu'une idée bien imparfaite du labeur que de Forcrand dut y consacrer pour les appuyer sur des matériaux irréprochables que, pour la plupart, il fallait préparer soi-même en vue de l'expérimentation physico-chimique qui devait en être l'heureux couronnement. Toutes les déterminations, si nombreuses, qu'il a effectuées offrent un caractère d'exactitude et de précision qui témoignent de sa haute conscience et doivent passer pour définitives. Grâce à son travail inlassable et à l'exemple qu'il donnait, de Forcrand a maintenu dans son laboratoire de la Faculté des Sciences de Montpellier un foyer actif de recherches, et il a eu l'honneur d'y former de nombreux élèves.

Nous apportons à l'Université de Montpellier et aux proches de de Forcrand l'hommage de nos regrets les plus sympathiquement émus.

PÉTROGRAPHIE. — *Rôle des Trilobites dans la genèse des gisements de phosphate de chaux paléozoïques*. Note de M. **L. Cayeux**.

Depuis que la solution organique du problème de l'origine des phosphates de chaux sédimentaires a prévalu, on est logiquement conduit, dans l'étude de tout gisement, à se demander quels en sont les organismes générateurs. La réponse, qui paraît très facile pour les formations d'âge secondaire et tertiaire, comme celles de la craie sénonienne du Bassin de Paris et du Tertiaire nord-africain, ne laisse pas que d'être difficile pour les phosphates paléozoïques.

Du fait que les dépôts phosphatés font leur apparition avant les Poissons et que des gisements tels que ceux du Carbonifère de France et du Permien d'Amérique ne fournissent pas la plus petite esquille de tissu osseux, il est impossible de voir dans ces organismes la source de l'acide phosphorique emmagasiné dans les phosphates des temps primaires. Il est tout aussi impossible d'imputer la genèse d'un seul gisement paléozoïque

à l'activité des Brachiopodes, bien qu'ils comptent actuellement parmi les principaux groupes d'organismes générateurs d'acide phosphorique. Ni le Dévonien, ni le Jurassique, pourtant très riches en Brachiopodes, n'ont engendré le moindre dépôt phosphaté, en France et en Europe [1]. Mais, dira-t-on, s'il n'y a pas concentration, il peut y avoir diffusion de la matière phosphatée, représentée par des proportions qui font supposer l'existence d'une source exceptionnelle de phosphore. Jusqu'à présent, pas une seule de mes analyses de calcaires à Brachiopodes n'est venue confirmer cette interprétation. Par exemple, des calcaires frasniens du Boulonnais, pétris de Brachiopodes, n'offrent rien de particulier au point de vue de la teneur en acide phosphorique.

Un troisième et dernier groupe d'animaux, celui des Crustacés, est susceptible, à première vue, d'être mis en cause, en raison de la proportion très élevée d'acide phosphorique que certains de ses représentants fixent de nos jours. L'attention est ainsi amenée à se porter sur les Trilobites, en particulier, que l'on sait répandus à profusion aux époques cambrienne et silurienne. De toute évidence, si ces organismes fournissent une solution, celle-ci ne peut être que très partielle, car, à dater du Dévonien, les Trilobites sont en pleine décadence, et le rôle des autres Crustacés n'est pas tel qu'on puisse les faire intervenir pour expliquer les gisements post-siluriens, et surtout ceux du Dévonien et du Permien d'Amérique.

Les résultats d'analyses de nombreux Trilobites, dégagés ou non de leur gangue, sont de nature à inspirer de sérieux doutes, quant à leur participation à grande échelle à la genèse des gisements paléozoïques. Une lumachelle de débris de Trilobites, fréquents au point d'être empilés les uns sur les autres, découverte par M. A. Bigot dans le Cambrien de Saint-Georges-de-Rivière, près Barneville, en Normandie, ne renferme que 0,153 pour 100 de P^2O^5, sans nulle trace de concentration de cet acide. Des matériaux, prélevés dans la Montagne Noire par M. Blayac, mettent en évidence une pauvreté non moins grande : Une plaquette de schistes avec *Paradoxides* de l'Acadien moyen de Coulouma (Hérault) titre 0,170 pour 100 de P^2O^5; un schiste à grands *Paradoxides* de Ferrals-les-Montagnes (Hérault) en renferme 0,190 pour 100, et un schiste à *Barrandia* de l'Ordovicien de Cabrières (Hérault), 0,070 pour 100, etc.

---

(1) Il n'en est pas moins vrai que des restes de Brachiopodes inarticulés, phosphatés ou non, ont revêtu une grande fréquence à l'époque de la formation de quelques phosphates paléozoïques (Ex. : certains phosphates ordoviciens du Pays de Galles).

Des analyses de Trilobites, d'âge compris entre le Silurien et le Givétien, originaires de l'étranger, confirment cette observation, mais avec des écarts de teneurs beaucoup plus sensibles. Les essais ont porté sur des carapaces seules, sur des individus entiers remplissage compris, et sur des Trilobites largement incrustés de gangue. Le tableau suivant en groupe les principaux résultats :

	P^2O^5.
Asaphus expansus (carapace seule). Ordovicien. Husbyfjol (Suède).........	0,085
» (carapace et remplissage). Ordovicien. Husbyfjol (Suède).	0,125
» (carapace et remplissage). Ordovicien. Heda (Suède).....	1,108
Illœnus crassicauda (carap. et remplis.). Silurien inférieur. Ilinks [1] (Russie).	0,116
Calymene Blumenbachi (carapace et remplissage). Gothlandien. Gothland..	0,353
Encrinurus punctatus (carap. et remplis.). Gothlandien. Dudley (Angleterre).	2,162
Goldius palifer (carapace et remplissage). Étage F. Konieprus (Bohême)....	0,077
Phacops latifrons (carapace et remplissage). Eifelien. Sabero (Espagne).....	0,116
Dalmanites auriculatus (carapace et remplissage). Eifelien. Hostin (Bohême).	0,095

La comparaison de ces teneurs, très inférieures à 1 pour 100, à deux exceptions près, avec celles qui font ressortir la diffusion de l'acide phosphorique dans les roches sédimentaires anciennes [2] démontre que les Trilobites en question ne sont généralement, ni plus, ni moins phosphoreux que lesdites roches. Dès lors, deux conclusions s'imposent entre lesquelles il faut choisir : ou bien les Trilobites avaient en très grande majorité un test chitineux ou calcaire, et leur teneur en acide phosphorique était de l'ordre de grandeur de celle des Mollusques, des Polypiers, etc.; ou bien, le phosphore, que renfermait leur carapace en proportion notable, a émigré, sans engendrer de concentration. Certes, les roches sédimentaires nous offrent des exemples de migrations analogues, mais à titre d'exceptions. Tel est le cas pour des dépôts, riches en silice organique sur le fond de la mer, et qui ont perdu avec le temps la presque totalité de cette substance. Mais que la migration devienne une règle absolue pour le phosphate de chaux des Crustacés, sans qu'on en retrouve jamais la trace sous forme de nodules ou de bancs phosphatés, c'est l'invraisemblance même. Quoi qu'il en soit, je ne connais pas de gisement paléozoïque, si petit soit-il, qui ait reçu une très importante contribution en acide phosphorique des Crustacés et spécialement des Trilobites. De sorte, qu'en fin de compte, les organismes qui paraissaient prédestinés à engendrer des gisements, de par la composition

(1) Rive gauche du Volga.

(2) L. Cayeux, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1769.

actuelle de leur squelette, n'ont pas joué le rôle capital qu'on est tenté de leur attribuer *a priori*.

Les données numériques invoquées n'impliquent nullement à mes yeux la non-existence de Trilobites à carapace phosphatée, attendu que les exemples ne manquent pas pour témoigner du contraire. Mais il semble bien que dans l'ensemble du groupe ces organismes n'aient représenté qu'une infime minorité.

A défaut de Poissons, de Brachiopodes et de Trilobites pour élaborer tout au moins la masse principale de l'acide phosphorique des gisements paléozoïques, la question se pose de l'intervention d'organismes qui ne figurent point parmi les groupes générateurs de cet élément à dose exceptionnelle.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur l'intervalle de temps entre les phénomènes solaires et les perturbations magnétiques terrestres.* Note de M. **Ch. Maurain.**

On peut, pour étudier cet intervalle de temps, utiliser les observations de deux manières : 1° examiner les cas particuliers, c'est-à-dire la correspondance entre un phénomène solaire déterminé et un phénomène terrestre déterminé (méthode individuelle); 2° entreprendre des études d'ensemble portant sur des périodes assez longues, en tenant compte de toutes les observations (méthode statistique). On emploie alors une caractérisation numérique de l'activité solaire et de l'agitation magnétique.

Étudiant ce sujet en 1926, il m'a paru que, avec les données que l'on possédait à ce moment, la méthode statistique était préférable pour un travail étendu et je l'ai appliquée aux 41 années 1883-1923 (¹). Depuis, l'observation du Soleil s'est étendue et perfectionnée, et diverses publications nouvelles facilitent l'application de la méthode individuelle; je l'ai appliquée aux années 1930, 1931 et 1932.

J'ai montré par une statistique portant sur *toutes* les journées à perturbation magnétique de ces 41 années, que l'activité solaire évaluée numériquement pour les journées voisines d'une perturbation magnétique passe, en moyenne, par un maximum environ deux jours et demi avant les perturbations magnétiques. Il semble qu'on en puisse conclure qu'il existe, au

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1550; *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, 5, 1927, p. 86.

moins en de nombreux cas, une liaison entre l'activité solaire et les perturbations magnétiques avec un décalage de temps de deux jours et demi en moyenne. Ce décalage est d'ailleurs variable. En prenant, parmi ces 41 années, 10 années qui correspondent à des époques de minimum d'activité solaire, on trouve comme décalage moyen 3 jours trois quarts environ.

Dans ce travail, j'avais pris pour caractériser l'activité solaire les nombres dits de Wolf et Wolfer (*Sonnenflecken Relativzahlen*). Dans une étude statistique étendue, J.-M. Stagg a employé pour le même objet la variabilité interdiurne de la surface totale des taches ([1]). Son travail porte sur les 35 années 1890-1924. Il trouve que cette variabilité passe par un maximum 4 à 5 jours en moyenne avant les journées les plus troublées au point de vue magnétique. D'ailleurs Stagg, reprenant la statistique (pour les 20 années 1906-1925) en caractérisant cette fois l'activité solaire par la surface même des taches, trouve que pour l'ensemble le maximum de l'activité solaire est environ 2 jours trois quarts avant les journées les plus troublées au point de vue magnétique, ce qui est très voisin du retard moyen que j'avais obtenu; de plus, les moyennes pour des groupes séparés d'années montrent la tendance à un accroissement de l'intervalle de temps pour une activité solaire plus faible.

On trouve dans la littérature scientifique de nombreuses publications donnant une évaluation de l'intervalle de temps entre un phénomène solaire et une forte perturbation magnétique. Je rappellerai seulement des publications faites dans les *Comptes rendus* de l'Académie : Ricco ([2]) indique huit fortes perturbations magnétiques qui ont suivi, en moyenne, de 45 heures 30 minutes le passage de grandes taches au méridien central du Soleil. Deslandres cite les grands orages magnétiques des 25 septembre 1909 et 26 janvier 1926, qui ont suivi le passage d'une tache importante au méridien central, le premier après 45 heures, le second après 47 heures 30 minutes ([3]). D'Azambuja et Grenat ont observé, le 13 octobre 1926, une éruption solaire intense et brève, suivie d'un orage magnétique qui débuta environ 31 heures après l'éruption ([4]).

Greaves et Newton ([5]) ont appliqué la méthode individuelle à 30 fortes

---

([1]) J.-M. Stagg, *Meteorological Office, Geophysical Memoirs*, n° 42, v, 1928, p. 1.

([2]) A. Ricco, *Comptes rendus*, **115**, 1892, p. 595.

([3]) H. Deslandres, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 65, et **182**, 1926, p. 236.

([4]) L. d'Azambuja et H. Grenat, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 701.

([5]) W. M. H. Greaves and H. W. Newton, *Monthly Notices of the R. Astronomical Society*, **88**, n° 7, 1928, p. 556.

perturbations magnétiques (de 1874 à 1927) pour lesquelles il y a eu, dans les quatre jours précédents et les quatre jours suivants, passage d'un seul groupe important de taches au méridien central; ils trouvent que pour 22 d'entre elles ce passage a eu lieu avant la perturbation. Ils donnent comme résultat la moyenne algébrique des intervalles de temps comptés positivement avant la perturbation et négativement après; cette moyenne est 0,9 jour; mais si l'on prend la moyenne des 22 intervalles de temps positifs, on trouve 1,8 jour. Remarquons qu'il s'agit là de très fortes perturbations.

Hale a étudié en détail ([1]) une quinzaine de phénomènes éruptifs solaires particulièrement intenses, discutant leur correspondance possible avec une perturbation magnétique. Dans la plupart des cas il semble qu'on puisse rattacher à l'éruption solaire une perturbation magnétique postérieure; mais dans certains cas on ne peut fixer avec précision l'intervalle de temps. Finalement, pour évaluer le mieux possible cet intervalle, Hale retient cinq cas, correspondant à des retards de 17,5 — 19,5 — 26 — 31 et 36 heures (moyenne 26 heures).

J'ai appliqué la méthode individuelle à tous les passages de taches ou groupe de taches importants des années 1930, 1931, 1932, au nombre de 34. Les *Heliographische Uebersichtkarten* publiés dans les *Astronomische Mitteilungen* permettent de fixer à 1 ou 2 heures près l'heure de passage au méridien central du Soleil du centre du groupe, ou, s'il y a intérêt, l'heure du début et la durée du passage; j'ai utilisé aussi les *Cartes synoptiques provisoires de l'activité solaire* publiées depuis 1929 dans l'*Astronomie*, par M. d'Azambuja puis par Mlle Roumens, d'après les clichés spectrohéliographiques de l'Observatoire de Meudon. Pour chacun de ces cas j'ai examiné les courbes de variation des éléments magnétiques enregistrées à l'Observatoire du Val-Joyeux; on peut d'après ces courbes avoir facilement avec une approximation suffisante l'heure du début d'une perturbation, ou d'autres caractères s'il y a lieu. Le détail pour chaque cas sera donné dans une autre publication.

Sur ces 34 cas, 24 permettent une évaluation d'un intervalle de temps entre le passage et une perturbation magnétique consécutive. Ces intervalles de temps sont, en heures : 23,5 — 29 — 33 — 33 — 35 — 38 — 39 — 40 — 42 — 42,5 — 46 — 57 — 58 — 61 — 64 — 66 — 72 — 80 —

([1]) George E. Hale, *Contributions from the Mount Wilson Observatory* n° 425, XIX, 1931, p. 89; *Reprinted from the Astrophysical Journal*, 73, 1931, p. 379.

81 — 81 — 94 — 102,5 — 104,5 — 116,5, dont la moyenne est 60 heures ou 2 jours et demi. Cette coïncidence avec le résultat que j'avais obtenu par la méthode statistique est évidemment fortuite; elle montre seulement que les évaluations faites par les méthodes statistique et individuelle sont du même ordre de grandeur. On doit remarquer que les perturbations magnétiques dont il s'agit ici sont de diverses intensités, certaines pas très fortes.

Au cours de cette étude, j'ai examiné aussi quelques cas correspondant à des phénomènes solaires brillants indiqués dans les publications citées ci-dessus et s'étant produits au voisinage du méridien central. Dans la plupart de ces cas il semble qu'on puisse rattacher au phénomène solaire une perturbation magnétique postérieure, avec un intervalle de temps moyen d'environ 40 heures.

Il semble, comme conclusion de ces études de genres divers portant sur de très nombreux cas, qu'on puisse admettre la généralité de l'existence d'un intervalle de temps entre des phénomènes solaires caractérisés de différentes manières et des perturbations du champ magnétique terrestre, et que cet intervalle de temps est variable.

On cite parfois des cas, correspondant à des observations de Carrington, d'Young et de Trouvelot, dans lesquels il y aurait eu, à quelques minutes près, simultanéité entre les deux phénomènes.

Or Hale, dans le Mémoire cité plus haut, discute longuement le cas célèbre de Carrington (1859), et reproduit les textes de Carrington, de Hodgson et de Balfour Stewart qui s'y rapportent; il en résulte qu'une petite perturbation magnétique a eu lieu à peu près au moment où le phénomène solaire était observé (ou, plutôt, quelques minutes avant), mais qu'une perturbation magnétique beaucoup plus intense a commencé 17 heures et demie après le phénomène solaire; et, finalement, ce cas est un des cinq que retient Hale pour fixer la valeur de l'intervalle de temps.

Relativement au cas de Trouvelot, celui-ci décrit bien dans une Note (*Comptes rendus*, 112, 1891, p. 1419) un « phénomène lumineux extraordinaire observé sur le Soleil »; mais il ne dit nullement qu'une perturbation magnétique ait été observée au même moment. Me reportant aux courbes magnétiques enregistrées au Parc Saint-Maur à cette date, j'ai constaté qu'elles manifestent, à l'heure indiquée, une faible agitation, de nature extrêmement fréquente, et non une perturbation. Enfin, on doit ajouter que le phénomène solaire s'est produit « tout contre le bord occidental de l'astre », ce qui permet de penser qu'un faisceau émis par cette

éruption ne pouvait guère parvenir à la Terre et y déclencher une perturbation.

Le phénomène solaire observé par Young (1872) s'est produit aussi près du bord du disque solaire (le bord Est), ce qui n'est pas favorable à une liaison par émission avec une perturbation magnétique. J. Bosler a reproduit (*Annales de l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon*, 5, 1912, p. 77) les graphiques magnétiques de Greenwich des 3 et 5 août 1872, en y marquant les heures des paroxysmes solaires observés par Young. La coïncidence de ces heures avec celles de variations magnétiques très marquées, particulièrement le 3 août, est fort impressionnante. Ce cas de quasi-simultanéité est, à ma connaissance, le seul, et correspond d'ailleurs à un phénomène solaire décelé sur le bord du disque.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de la virulence dans les dégénérescences de la Pomme de terre.* Note (¹) de M. **J. Costantin.**

J'ai mentionné précédemment (²) des cas de Mosaïque douce chez la Canne à sucre (Brandes et Klaphaak, 1923) et chez la Pomme de terre (Botjes, 1928).

D'ordinaire une maladie de dégénérescence se reconnaît aux symptômes qui se manifestent (caractères morphologiques externes ou anatomiques et culturaux). La Mosaïque douce se trahit par le poids de la récolte qui est très voisin de celui de la plante saine, accompagnant la marbrure des feuilles.

Depuis 16 ans (1916 à 1932), les planteurs de Canne à sucre de l'Argentine emploient ce dernier criterium avec les variétés javanaises. C'est le tonnage en sucre qui leur a appris que ces Cannes étaient supérieures aux anciennes variétés américaines dégénérées (*Louisiana purple* et *Louisiana striped*). Depuis 1915, on sait que c'est l'extension de la Mosaïque qui est la cause de la chute de la production de ces deux variétés, car elle n'était plus que de trois quarts de tonne de sucre à l'acre de 1910 à 1915.

Avec les variétés javanaises (notamment POJ 213), dès 1916, la récolte remonta à 2 tonnes 5 à l'acre. On crut d'abord que ces variétés si incontestablement supérieures étaient indemnes de maladies, ce qui aurait expliqué leur supériorité. Il n'en était rien et même on constata qu'elles étaient souvent malades dans la proportion de 100 pour 100. La récolte étant rémunératrice et ce caractère s'étant maintenu depuis (1916-1932), on comprit qu'il s'agissait d'une maladie douce.

(¹) Séance du 18 avril 1933.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 315 et 378.

On s'explique l'énorme succès des types de Java dans toute l'Amérique depuis seize ans.

Ces plants étaient-ils déjà malades quand ils ont été expédiés de Java ? Cela paraît probable car M. van Harreveld y a observé, en 1922, des Cannes qui même en montagne avaient déjà 100 pour 100 de pieds mosaïqués. Il paraît vraisemblable que c'est le traitement alpestre qui a produit cette atténuation du virus observée en Amérique. Malheureusement des expériences précises n'ont pas été faites à ce sujet.

Pour la Pomme de terre, M. Botjes a signalé, dès 1928, un cas pathologique analogue en Hollande. Dès 1913, il avait signalé une technique pour obtenir des tubercules sains et c'est grâce à cette méthode qu'il a reconnu l'existence d'une Mosaïque douce.

Il a pu découvrir diverses variétés comme *Roode Star Industrie*, *Triumph* qui étaient si peu malades que les cultivateurs préféraient parfois des types mosaïqués à ceux tout à fait sains. M. Botjes, surpris de ce goût un peu pervers, ne parvint pas à les convaincre, chiffres en main, qu'ils avaient tort : les sains donnant des récoltes supérieures variant de 13 à 25 pour 100.

Il me semble que l'action atténuatrice de l'altitude qui s'est produite vraisemblablement dans les expériences de M. van Harreveld, mais qu'il n'a pas signalée parce qu'il ne la soupçonnait pas. Elle découle peut-être aussi des expériences faites par M. Lebard et moi en 1930 en montagne ([1]), et certainement de celles que M. Lebard a faites en 1931 à la suite de la résolution que nous avons prise en commun avec MM. Lebard et Magrou d'uniformiser le terrain à diverses altitudes. Nous fîmes transporter d'importantes masses de la terre de La Grave (1500^{m}), à Villar-d'Arène (1650^{m}), au Lautaret (2100^{m}), et à Grenoble (jardin botannique de la Faculté des Sciences, 215^{m}.). Nous avions donc supprimé ainsi la cause perturbatrice résultant de la différence du terrain ([2]).

([1]) *C. R. Acad. Agric.*, **16**, 1930, p. 1006, mais Fontainebleau est trop éloigné des Alpes et les terrains de ces deux stations sont trop différents pour être comparés avec certitude.

([2]) Nous avons d'ailleurs constaté que les effets de la cause perturbatrice venant du sol étaient assez faibles. Voici les chiffres des récoltes obtenus pour deux variétés *Bevelander* (deux types : l'un procuré par M. Quanjer, l'autre par M. Ducomet).

Cultures de Bevelander à Grenoble.

	Rendements par pied.					
	Terre de La Grave.		Terre primitive.			
Bevelander (de M. Quanjer).......	1500^{g}	975^{g}	1090^{g}	920^{g}	1365^{g}	1030^{g}
Bevelander (de M. Ducomet)......	1370^{g}	1010^{g}	1530^{g}	990^{g}	1540^{g}	1500^{g}

En 1931, M. Lebard [1], par des précautions minutieuses où s'est révélé son esprit critique, est parvenu à comparer des tubercules rigoureusement semblables (de mêmes poids, ayant le même nombre de germes identiques de mêmes variétés), et il les planta à la même date aux quatre stations d'altitudes différentes. Il mit ainsi en évidence une *loi nouvelle en agriculture*, celle de l'optimum altitudinal se manifestant à 1500^{m} [2].

Or il avait opéré sur deux variétés : *Bevelander*, indemne de maladie et *Imperia* atteint de ce qu'il a appelé Mosaïque simple. Il désignait sous ce nom une affection que l'on reconnaissait aux taches de la Mosaïque, mais qui « ne modifiait pas sensiblement l'évolution générale de la plante, ni la tubérisation ». Elle ressemble donc à s'y méprendre à la Mosaïque douce de M. Botjes.

D'après ce qui vient d'être rappelé plus haut, il découle que, pour *Imperia légèrement mosaïqué* [3], *l'altitude jusqu'à* 1500^{m} *diminue la virulence*, puisque la récolte augmente.

On pourrait être tenté de croire que c'est à la disparition des Pucerons en montagne qu'il faut attribuer cette diminution de la maladie. Mais cette opinion est inadmissible, puisque Bevelander, qui était partout cultivé dans le voisinage à toutes les mêmes altitudes, a révélé les mêmes phénomènes. Ce ne sont pas les Pucerons qui, à Grenoble, ont amené une diminution de la récolte puisque cette variété était saine. Il s'agissait bien, dans ce dernier cas, de ce que j'ai appelé une dégénérescence climatérique ou géographique. Il est très important de mentionner que les climats défavorables agissent

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 199.

(2) J'ai signalé à l'Académie d'Agriculture (29 mars 1933) que M. Bouget avait, dès 1922, entrevu ce résultat important dans les Pyrénées, mais sans le publier : c'est le troisième contrôle de la loi. Dès 1875, Schübeler et avant lui Schrenk avaient mentionné la décroissance des récoltes de Pomme de terre (comparées à des noisettes) aux très hautes latitudes, 65° et plus (en Scandinavie, en Russie septentrionale et au Groenland). En 1930, MM. Arthur Guthrie et Newell ont signalé la croissance des récoltes dans les hautes altitudes et dans les hautes latitudes, mais sans reconnaître aucun optimum; ces auteurs n'opéraient d'ailleurs que dans le laboratoire et n'ont observé effectivement par eux-mêmes que l'action du froid connue par les expériences de Vöchting (1873).

(3) Il n'est question ici que de la Mosaïque. Certains Agronomes ont affirmé que la montagne augmentait, au contraire, l'Enroulement. Les faits que nous avons constatés en 1930 ne sont pas en accord avec cette opinion (10 faits positifs, 3 négatifs et ces derniers dans des stations au-dessus de 1500^{m}). Il sera nécessaire de reprendre cette question de l'Enroulement afin de voir s'il y a un Enroulement atténué ou doux. Déjà M. Newton, en Colombie britannique, a affirmé que le climat agissait différemment sur la Mosaïque et sur l'Enroulement (1923).

dans le même sens que les maladies à virus, bien que les causes soient nettement distinctes dans les deux cas.

On dit d'ordinaire que « les tubercules montagnards sont meilleurs » (M. Quanjer, 1931) : cela signifie certainement qu'ils produisent plus en plaine. Cette constatation entraîne, en tenant compte de ce qui vient d'être signalé plus haut et cela pour les pieds sains aussi bien que pour les pieds mosaïqués, que la haute récolte observée en montagne se maintient l'année suivante en plaine. C'est ce que mes collaborateurs et moi avons constaté nettement en 1931 (1) et cela consolide grandement ce résultat important. Je l'envisage comme correspondant à une hérédité ébauchée, qui est bien loin d'ailleurs d'être d'une hérédité solide. *Le poids de la récolte par pied paraît bien un criterium de haute valeur pour estimer la résistance à la maladie;* si le poids baisse, c'est que la plante périclite et que sa santé s'altère.

GÉOLOGIE. — *La zone du Briançonnais et les racines des nappes préalpines savoisiennes.* Note (2) de MM. **M. Gignoux** et **L. Moret**.

Dans la région des nappes de l'Ubaye et de l'Embrunais, les klippes mésozoïques les plus élevées proviennent pour nous de la bordure occidentale du Briançonnais [première et deuxième écailles de P. Termier = zone du Pas du Roc de D. Schneegans = zone du Galibier (*pars*) de W. Kilian] (3). Cette bordure a bien en effet, dans le Sud, les caractères d'une zone de racines, caractères qu'elle garde jusqu'à la latitude du Monestier de Briançon.

Plus au Nord, et en particulier en Maurienne (coupe du Pas du Roc), cette même zone montre des charnières anticlinales fermées, déjà bien décrites par W. Kilian; on ne peut plus y voir des racines. Là se terminerait donc vers le Nord, un *premier feston* méridional, celui des nappes de l'Ubaye-Embrunais, ayant son maximum d'avancée entre Pelvoux et Mercantour.

Plus au Nord encore, à partir de la Tarentaise, la zone du Pas du Roc reprend les caractères d'une zone de racines : c'est l'amorce d'un *deuxième*

(1) J. Costantin, P. Lebard et J. Magrou, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 902.

(2) Séance du 3 avril 1933.

(3) Voir M. Gignoux et L. Moret, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 830, 1064 et 1153.

feston septentrional, celui qui a donné Sulens, les Annes, les Préalpes médianes chablaisiennes et fribourgeoises. Dans sa partie sud, ce feston n'a certainement pas beaucoup dépassé le front actuel des deux klippes de Sulens et des Annes, où se voient des charnières anticlinales frontales; le grand synclinal de Thones a été précisément déterminé par l'emboutissement de ce front de nappe qui a poussé devant lui les plis helvétiques du massif des Bornes.

Si nous cherchons à suivre la racine de notre feston vers le Nord, on est conduit à la faire passer en avant de la zone houillère. Mais ici, à la latitude de Bourg-Saint-Maurice, on peut distinguer, avec W. Kilian, P. Lory et H. Schoeller, les unités suivantes, d'Ouest en Est :

a. Zone du Flysch s. str., avec un grand développement de *brèches* rappelant celles du Chablais et dans lesquelles la part du Jurassique et celle du Nummulitique ne nous paraissent pas encore définitivement établies; vers le Nord cette zone se prolonge par les « brisés du Valais » (collines de Sion);

b. Zone des *schistes lustrés* du Versoyen, avec des masses formidables de *roches vertes*, et, en Italie, l'écaille de gneiss de Pointe Rousse;

c. La bordure mésozoïque de la zone houillère, où se retrouve un *Lias* presque pas métamorphique et sans roches vertes.

Les schistes lustrés de la zone *b*, si curieusement encadrés entre deux bandes de Mésozoïque moins métamorphique, ont reçu diverses interprétations : P. Termier y voyait un lambeau replissé de sa « nappe des schistes lustrés », encapuchonné dans la zone du Briançonnais. Nous y verrions plutôt, hypothèse également proposée par H. Schoeller, le résultat d'un métamorphisme développé dans une avant-fosse différenciée sur place au milieu de la zone briançonnaise, et se prolongeant, d'après Schoeller, par les noyaux des plis simploniques; cette avant-fosse serait à son tour séparée de la grande fosse pennine du Saint-Bernard par la zone houillère non métamorphique (Petit-Saint-Bernard en France, zone houillère pennine en Suisse) avec sa couverture mésozoïque (en Suisse, zone de Pontis).

Pour nous, les *Préalpes médianes* proviendraient de cette couverture. D'un autre côté, puisque la *nappe du Niesen* vient de la bordure occidentale de la zone du Flysch, il serait dès lors bien tentant d'admettre que la *nappe de la Brèche* du Chablais soit originaire de la partie orientale de la zone du Flysch, et que les *lambeaux de roches vertes* et cristallines épars aux environs des Gets sur la nappe de la Brèche proviennent de la zone des schistes lustrés du Versoyen; il est, en effet, frappant de constater que l'apparition

de ces roches exotiques dans les nappes préalpines se fait précisément en face de la région où, dans les zones de racines, apparaissent les roches vertes du Versoyen.

Dans cette interprétation, présentée ici seulement comme une hypothèse de travail, l'ordre de superposition des unités tectoniques chablaisiennes serait donc le suivant, de bas en haut : nappe ultra-helvétique, nappe du Niesen, nappe de la Brèche, lambeaux cristallins des Gets, Préalpes médianes. On retombe ainsi sur une solution tour à tour proposée et écartée par nos confrères suisses.

En tout cas, nous souscrivons entièrement à l'opinion de E. Haug, et nous nous refusons à faire venir aucune de nos nappes préalpines françaises du bord oriental du grand géosynclinal pennin; nous n'aurions donc, en Chablais, plus rien d'austro-alpin. C'est à une conclusion analogue que vient d'aboutir M. Richter ([1]), mais, d'ailleurs, avec des arguments dont la discussion échappe à notre compétence; notons seulement que sa notion de festons successifs (*Deckenbogen*) se rapproche singulièrement de notre conception.

Les analogies de faciès entre Préalpes médianes et Alpes briançonnaises ont été suffisamment discutées par E. Haug pour que nous n'y revenions point. Toutefois, un des gros arguments invoqués contre la thèse de Haug était l'absence complète du faciès briançonnais *calcaire de Guillestre* dans le Tithonique des Préalpes. Or nous avons pu constater l'identité complète, surprenante, lithologique et stratigraphique, du *marbre de la Vernaz* (vallée de la Dranse du Biot) avec le marbre de Guillestre; d'ailleurs, comme vient de le dire F. Blanchet ([2]), la plupart des fossiles des calcaires rouges de Guillestre témoignent d'un âge bien inférieur au Tithonique : c'est à l'*Argovien rouge* des Médianes, et non à leur Tithonique (calcaires blancs à Calpionelles superposés, qui existent d'ailleurs dans le Briançonnais), qu'il conviendrait de comparer le marbre de Guillestre.

On nous objectera sans doute que, entre les Préalpes et la zone métamorphique du Grand-Saint-Bernard, on ne connaît pas encore dans notre zone de racines de témoins des terrains préalpins. Ceci s'explique, à notre avis, par l'*intense laminage* de ces racines, ici presque complètement cicatrisées, ou réduites à du Houiller et du Trias (zone de Pontis). Et, à ce sujet, nous ne pouvons manquer de faire remarquer que, à

([1]) *Jahrb. d. geol. Bundesanst.*, 70, 1930, p. 497.
([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 632.

un géologue traversant les zones alpines internes par la Maurienne, les faciès mésozoïques les plus caractéristiques du Briançonnais resteraient presque complètement inaperçus; nous avons montré en effet [1] que, à cette latitude, ces terrains, couverture du bord occidental de la zone houillère, étaient réduits à des chapelets de klippes minuscules éparses dans la zone des gypses séparant le Houiller de la zone du Pas du Roc. De même, plus au Sud, la coupe de la Tête de Gaulent (écailles briançonnaises à l'ouest de la Roche de Rame) nous a permis de saisir sur le vif le mécanisme par lequel de formidables masses charriées constituant des massifs entiers peuvent sortir de surfaces de contact anormales presque complètement cicatrisées.

PLIS CACHETÉS.

Piles thermoélectriques sans soudure (Résumé, par M. Aimé Cotton, rapporteur, d'un pli cacheté déposé le 6 avril 1925 par M. **J. Gabreau**, et ouvert à la demande de l'auteur dans la séance du 20 mars 1933).

L'auteur proposait divers modèles de piles thermoélectriques sans soudure [2]; en particulier des piles obtenues en effectuant des dépôts des *deux* métaux constituant le couple sur un support plastique, ou sur un fil formé d'un alliage fusible qu'on enlèverait ensuite par la chaleur et la pression.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Albert Einstein. *Les fondements de la théorie de la Relativité générale; Théorie unitaire de la gravitation et de l'électricité; Sur la structure cosmologique de l'espace.* Traduit de l'allemand par Maurice Solovine. (Présenté par M. P. Painlevé.)

2° *Carte géologique du Massif du Mont Blanc à l'échelle de* 1/20 000e, par

---

[1] *Travaux du Lab. de Géol. de l'Univ. de Grenoble*, **15**, III, 1931, p. 86.

[2] On doit faire remarquer que le procédé, dans le cas où l'un des métaux du couple est déposé sur l'autre, était déjà connu. Voir les travaux cités dans les *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 586, et un Mémoire plus ancien de Le Roux, *Annales de Chimie et de Physique*, **10**, 1897, p. 203.

MM. Paul Corbin et Nicolas Oulianoff; Feuille *Argentière* et Notice explicative (Triangulations Vallot et Helbronner).

3° S. A. Savine. Huit mémoires relatifs à la théorie de l'élasticité (en langue russe).

4° S. P. Glaziénap. *Tables mathématiques et astronomiques* (en langue russe).

TOPOLOGIE. — *Sur une famille remarquable de courbes topologiques planes.* Note [1] de Mlle **Margherita Piazzolla-Beloch.**

1. Par *courbe topologique plane* j'entends un ensemble fini de branches distinctes telles que ni toutes, ni une portion d'elles, forment une courbe algébrique.

L'ordre n d'une pareille courbe est le nombre maximum de points d'intersection avec une droite; son *genre* (réel) est donné par l'expression

$$p = \frac{(n-1)(n-2)}{2} - d \qquad (1)$$

(où d est le nombre des points doubles *réels* de la courbe).

2. Puisque deux courbes algébriques irréductibles ne peuvent avoir qu'un nombre fini de points communs, il est évident qu'*une courbe topologique ne peut pas appartenir à plus d'une courbe algébrique irréductible.*

3. Je me propose d'étudier les *courbes topologiques d'ordre n qui rencontrent chaque courbe algébrique d'ordre $\nu(\geq n)$, en $n\nu$ points au plus, sauf le cas où la courbe topologique appartient toute à la courbe algébrique. Je les appelle courbes quasi algébriques.*

4. J'appelle *irréductible* une courbe quasi algébrique C si aucune de ses branches, ni un groupe de celles-ci, *n'appartient* à une courbe algébrique Γ, sans que toute la courbe C appartienne à Γ; *réductible* dans le cas contraire.

5. Il est aisé de voir, à l'aide de la proposition du n° 2, qu'une courbe *quasi algébrique qui appartient entièrement à une courbe algébrique irréductible, est irréductible* (c'est-à-dire qu'aucune de ses branches ou groupe de ses branches n'appartient à une autre courbe algébrique).

En conséquence, une courbe quasi algébrique réductible ne peut pas appartenir entièrement à une même courbe algébrique irréductible.

6. Soit C une courbe quasi algébrique d'ordre m, et soit ν un nombre

[1] Séance du 10 avril 1933.

tel que

$$\frac{\nu(\nu+3)}{2} > m\nu, \tag{2}$$

c'est-à-dire

$$\nu > 2m - 3.$$

Si l'on prend alors, sur la courbe C, $\nu(\nu+3)/2$ points arbitraires, par ces points passent une courbe algébrique Γ (irréductible ou réductible), qui coupe la courbe C en

$$i \geq \frac{\nu(\nu+3)}{2} > m\nu$$

points. La courbe C appartiendra donc entièrement à la courbe algébrique Γ.

Pour chaque valeur de ν satisfaisant à l'inégalité (2), on obtiendra une courbe algébrique Γ d'ordre ν, à laquelle la courbe C appartient. De toutes ces courbes algébriques soit Γ_0 celle d'ordre minimum ν_0, satisfaisant à l'inégalité (2). Toutes les autres courbes Γ auront alors la courbe Γ_0 comme partie commune.

Si Γ_0 est irréductible, C sera irréductible.

Si Γ_0 est réductible, toutes les courbes Γ (y compris Γ_0) auront une partie commune algébrique K à laquelle appartiendra la courbe topologique C. Si K est irréductible, C le sera également. Si K est réductible et se compose des courbes algébriques irréductibles $K_1, K_2, \ldots, K_r$, la courbe C sera irréductible, si elle appartient entièrement à une seule de ces courbes; réductible, si les branches de C n'appartiennent pas toutes à une seule de ces courbes.

On a donc le théorème suivant :

Une courbe quasi algébrique irréductible est toujours formée d'un ensemble de branches appartenant toutes à une courbe algébrique irréductible. Une courbe quasi algébrique réductible n'appartient jamais à une courbe algébrique irréductible, mais ses branches se répartissent en divers groupes appartenant chacun à une courbe algébrique irréductible.

6. Un ensemble de branches d'une courbe algébrique ne forme pas nécessairement une courbe quasi algébrique. On a, à cet égard, le théorème suivant :

Étant donnée une courbe algébrique Γ d'ordre n, les courbes topologiques d'ordre $n' < n$, formées d'un certain nombre de ses branches, ne sont pas des courbes quasi algébriques.

On peut aussi énoncer la proposition suivante :

Une courbe quasi algébrique irréductible d'ordre n est toujours formée d'un ensemble de branches appartenant à une courbe algébrique irréductible du même ordre n; et *vice versa*.

7. Si la courbe algébrique Γ ne possède pas de points singuliers, en appliquant le théorème de Harnack à la courbe Γ, on voit immédiatement qu'*une courbe quasi algébrique d'ordre n, sans points singuliers, ne peut pas avoir plus de* $(n-1)(n-2)/2$ *branches*.

8. Si l'on suppose au contraire que la courbe algébrique Γ, d'ordre n, possède D points doubles, le nombre d des points doubles (réels) de la courbe quasi algébrique C sera $d \leqq D$. En observant qu'en conséquence, pour la formule (1), le genre p de C est $\geqq$ au genre π de Γ, et comme il est évident qu'une courbe algébrique unicursale ne peut pas donner lieu à une courbe quasi algébrique, on en déduit que

$$p \geqq 1.$$

En conséquence, on a

$$d \leqq \frac{n(n-3)}{2},$$

c'est-à-dire : *une courbe quasi algébrique ne peut pas avoir plus de* $n(n-3)/2$ *points doubles*.

9. Comme conséquence de la relation

$$p \geqq \pi,$$

et du théorème de Harnach, on déduit qu'*une courbe quasi algébrique du genre p ne peut pas avoir plus de p branches*.

On voit sans difficulté qu'il existe effectivement des courbes quasi algébriques d'ordre n irréductibles possédant $(n-1)(n-2)/2$ branches, c'est-à-dire le maximum.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des courbes fermées et leurs bouts premiers.* Note de Mlle **Marie Charpentier**.

L'étude des courbes de M. Birkhoff [1] m'a amenée à m'occuper des courbes fermées dont certains bouts premiers sont identiques à la courbe entière. Le but de cette Note est de montrer que si *une courbe possède au moins un tel bout premier, elle est formée d'un ou deux continus indécomposables*.

---

[1] *Bulletin de la Société mathématique de France*, 60, fasc. I, II, 1932, p. 1.

Rappelons quelques définitions : *une courbe fermée* (Schœnflies) est un ensemble fermé divisant le plan en deux régions et chacun de ses points est point limite des deux régions, c'est une *coupure irréductible* de M. Kuratowski [1].

Une *transversale ab* divise le domaine D limité par une telle courbe C en deux domaines simplement connexes D_1 et D_2.

Une *chaîne de transversales* est une suite de transversales sans points communs deux à deux, telles que, si la transversale t_i précède la transversale t_j, le domaine partiel d_i limité par t_i contienne le domaine partiel d_j limité par t_j.

Un *bout premier* [2] est l'ensemble limite des domaines partiels d_n limités par les transversales d'une chaîne quand ces transversales tendent vers zéro. Un *continu de condensation* d'un continu C est un sous-continu K de C tel que $\overline{C - K} \supset K$.

Un *continu indécomposable* C est un continu qui n'est pas la somme de deux continus différents de lui, tout sous-continu d'un continu indécomposable est son continu de condensation.

Je donne ici les énoncés des principaux théorèmes, mais aucun raisonnement.

1. Nous étudions la frontière F d'un domaine partiel D_2 quand la frontière du domaine D_1 complémentaire de D_2 par rapport à D contient la frontière C de D.

Soit $F = C_1 + C_2 + C_3$, C_1, C_2, C_3 continus :

Lemme I. — *Si* C_1, C_2, C_3 *sont de vrais sous-continus de* F. $C_1 \supset a$, $C_3 \supset b$, $C_2 \times (a + b) = 0$ *et dist.* $(C_1, C_3) = d > 0$.

Théorème I. — *Cette décomposition n'est possible que si* C_2 *est-continu de condensation de* C *sans être continu de condensation de* F.

a. C_2 *est continu de condensation de* F.

Lemme II. — *Étant donnés un continu* C *et un de ses sous continus* H; $H . \overline{C - H}$ *satisfait à* $H . \overline{C - H} \subset \overline{\overline{C - H} - H . \overline{C - H}}$.

Théorème II. — *Si* F *est décomposable, on peut la décomposer en deux continus indécomposables* G et H.

b. C_2 *n'est pas continu de condensation de* F *et* $K . C_1$ *est connexe, comme* $K . C_3$ *avec* $K = \overline{C - (C_1 + C_2 + C_3)}$.

Théorème III. — F *est continu de condensation de* C.

---

[1] C. Kuratowski, *Fundamenta Mathematicae*, 6, 1924, p. 130.
[2] C. Carathéodory, *Mathematische Zeitschrift*, 73, 1912, p. 325.

c. C_2 *n'est pas continu de condensation de* F *et* C_1.K *n'est pas connexe.*

Décomposons $C = K + H$ avec $H = \overline{C_1 - \overline{C - C_1}}$, $K = \overline{C - C_1}$.

Théorème IV. — *Si* F *est décomposable on peut choisir la décomposition* H + G *de façon que* H *soit indécomposable et* G *continu de condensation de* $\overline{C - H}$.

2. Nous faisons tendre vers zéro des chaînes de transversales satisfaisant aux conditions ci-dessus, soit $a_n b_n$, quel que soit n, F_n satisfait aux conditions ci-dessus et $\lim F_n = C$.

Les cas a et c se ramènent au cas b.

Lemme I. — Un sous-continu H de C ne peut contenir deux points accessibles p et q sans contenir tous les points accessibles de C de p à q ou de q à p.

Lemme II. — Si C est décomposable en G + H, à partir d'un certain rang tous les a_n appartiennent à G et tous les b_n à H.

Lemme III. — *Les points principaux* (Hauptpunkte) *du bout premier appartiennent à* H.G.

En particulier, si le bout premier est de troisième espèce, C est un *continu indécomposable.*

Soit M un sous-continu de G :

1° Si M contient tous les a_n à partir d'un certain rang, M est identique à G;

2° Si M ne contient plus aucun a_n pour $n > N$, M est continu de condensation de G.

Donc H et G sont indécomposables. Il vient :

Si C *est décomposable, on peut décomposer* C *en deux continus* G *et* H *qui sont indécomposables.*

C est un continu indécomposable quand elle possède au moins trois bouts premiers identiques à elle-même.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions holomorphes.*

Note (1) de M. N. **Botea**, présentée par M. Élie Cartan.

1. M. D. Pompeiu a donné (2) le théorème suivant, généralisant la forme réciproque du théorème des accroissements finis pour les fonctions holomorphes :

(1) Séance du 10 avril 1933.

(2) *Sitzungsb. der Kaiserl. Akad. der Wissenschaften in Wien*, **120**II, 1911, p. 1249-1252; *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 794.

Si une fonction $f(z)$ est holomorphe dans le voisinage d'un point z_0 et si $f'(z_0)$ est la valeur de la dérivée de $f(z)$ au point z_0, on peut toujours trouver, dans le voisinage de z_0, deux points z_1 et z_2 tels que

$$f'(z_0)=\frac{f(z_1)-f(z_2)}{z_1-z_2}.$$

Dans un Mémoire récent [1], M. P. Montel a généralisé ce théorème en démontrant la proposition suivante :

Sur toute courbe fermée, entourant le point z_0, il existe au moins un couple de points z_1 et z_2 vérifiant l'égalité

$$f(z_2)-f(z_1)=(z_2-z_1)f'(z_0).$$

Nous avons généralisé ces propositions en démontrant le théorème :

Si les fonctions $f(z)$, $\varphi(z)$ et $f'(z)/\varphi'(z)$ sont holomorphes dans le voisinage (D) *d'un point z_0, sur toute courbe fermée* (C) *de ce domaine* (D), *qui entoure le point z_0, il existe au moins un couple de points z_1 et z_2 vérifiant l'égalité*

$$\frac{f(z_2)-f(z_1)}{\varphi(z_2)-\varphi(z_1)}=\frac{f'(z_0)}{\varphi'(z_0)}.$$

Il suffit de considérer la fonction

$$F(z)=f(z)-\frac{f'(z_0)}{\varphi'(z_0)}\varphi(z)$$

et d'appliquer le théorème Pompeiu-Montel. Si $\varphi(z)=z$, on obtient ce théorème.

2. Utilisons la notation

$$D_{n+1}(f)=\begin{vmatrix} 1 & z_1 & z_1^2 & \dots & z_1^{n-1} & f(z_1) \\ 1 & z_2 & z_2^2 & \dots & z_2^{n-1} & f(z_2) \\ \cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \dots & \dots & \dots \\ 1 & z_{n+1} & z_{n+1}^2 & \dots & z_{n+1}^{n-1} & f(z_{n+1}) \end{vmatrix}$$

et appelons, avec M. Montel, domaine de convexité relatif à un ensemble de points le domaine convexe formé par les points communs à tous les domaines limités par une courbe fermée convexe qui entoure tous les points de l'ensemble.

Si les fonctions $f(z)$, $\varphi(z)$, $f^{(n)}(z)/\varphi^{(n)}(z)$ sont holomorphes dans le voisinage d'un point z_0, on peut toujours trouver dans le voisinage $(n+1)$ *points*

[1] *Annali della R. Scuola Normale superiore di Pisa*, 2e série, 1, 1932, p. 371-384.

distincts $z_1, z_2, \ldots, z_{n+1}$, *tels que l'on ait l'égalité*

$$D_{n+1}(f) = \frac{f^{(n)}(z_0)}{\varphi^{(n)}(z_0)} D_{n+1}(\varphi).$$

Si $\varphi(z) = z^n$, on obtient une proposition donnée par M. Montel.

3. *Si* $f(z)$, $\varphi(z)$, $f^{(n)}(z)/\varphi^{(n)}(z)$ *sont des fonctions holomorphes dans le domaine de convexité des points* $z_1, z_2, \ldots, z_{n+1}$ *supposés distincts, on peut écrire*

$$D_{n+1}(f) = \lambda \frac{f^{(n)}(\alpha)}{\varphi^{(n)}(\alpha)} D_{n+1}(\varphi),$$

α *désignant l'affixe d'un point du domaine de convexité des points* $z_1, z_2, \ldots, z_{n+1}$, *et* λ *un nombre complexe de module inférieur ou égal à l'unité.*

Si $\varphi(z) = z^n$, $\varphi^{(n)}(z) = n!$, on obtient un théorème donné par M. Montel.

Si $n = 1$, on a la proposition de Darboux :

Si $f(z)$ *est une fonction holomorphe de* z, *on a*

$$f(z_2) - f(z_1) = \lambda(z_2 - z_1) f'(\alpha),$$

α *désignant l'affixe d'un point du segment rectiligne* z_1, z_2 *et* λ *un nombre complexe de module inférieur ou égal à l'unité.*

Notre formule peut être remplacée par une autre formule qui généralise celle par laquelle Weierstrass a remplacé la formule de Darboux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces des fonctions presque périodiques.* Note de MM. **W. Stepanoff** et **A. Tychonoff**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit donné un ensemble de fonctions bornées d'une variable réelle $\{f(t)\}$, $-\infty < t < +\infty$; toute fonction de cet ensemble peut être considérée comme un point d'un espace métrique, la distance entre f_1 et f_2 étant définie par $\overline{\sup}_{-\infty < t < +\infty} |f_1(t) - f_2(t)|$.

L'espace $R(f)$ *d'une fonction* bornée $f(t)$, d'après M. A. Markoff [1], est formé des « points » $f(t+\tau)$ (τ est une constante arbitraire) et de leurs éléments limites $\varphi(t) = \lim f(t+\tau_n)$. L'espace $R(f)$ est compact

---

[1] Conférence faite au Congrès Mathématique de U. S. S. R. à Charkoff, 1930 (sous presse).

dans le cas seulement où $f(t)$ est presque périodique (1). Nous ne considérerons dans la suite que les espaces des fonctions presque périodiques.

Dans l'espace $R(f)$ la « courbe » $f(t+\tau)$, $-\infty < t < +\infty$, est partout dense; sur cette courbe est défini un groupe de translations au paramètre τ; ce groupe peut être prolongé par continuité sur tout l'espace $R(f)$; nous obtenons ainsi un groupe commutatif simplement transitif dont l'espace R est par conséquent homéomorphe à l'espace $R(f)$. On obtient ainsi :

Théorème I. — *L'espace d'une fonction presque périodique est l'espace d'un groupe commutatif compact.*

Ce groupe possède un sous-groupe de translations partout dense. On démontre la proposition inverse :

Théorème II. — *Tout espace d'un groupe commutatif compact, possédant un sous-groupe à un paramètre partout dense, est homéomorphe à l'espace d'une fonction presque périodique.*

2. Considérons une fonction quasi périodique à une base entière de deux éléments indépendants :

$$f(t) \sim \Sigma A_{n_1 n_2} e^{2\pi i (n_1 \lambda_1 + n_2 \lambda_2) t} \qquad (n_1, n_2, \text{ nombres entiers}).$$

L'espace de cette fonction est le tore (x_1, x_2), les variables étant prises $(\mathrm{mod}\, 1)$. De même, pour une fonction presque périodique à une base (infinie) entière

$$f(t) \sim \Sigma A_n e^{2\pi i (r_{n,1}\lambda_1 + r_{n,2}\lambda_2 + \ldots + r_{n,q_n}\lambda_{q_n}) t} \qquad (r_{n,1}, \ldots, r_{n,q_n}, \text{ nombres entiers}),$$

l'espace $R(f)$ est le « tore à une infinité de dimensions » $T(x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots)$, les variables étant prises $(\mathrm{mod}\, 1)$ et la convergence étant définie comme convergence faible (2).

3. Soit $f(t)$ une fonction « périodique à la limite » (*grenzperiodisch*)

$$f(t) \sim \Sigma A_n e^{2\pi i r_n \lambda t} \qquad (r_n \text{ rationnel});$$

elle peut être approximée uniformément par une suite de fonctions périodiques $p_1(t)$, $p_2(t)$, $\ldots$, $p_n(t)$, $\ldots$ (3). Nous démontrons le :

Lemme. — *On peut choisir une suite $\{p_n(t)\}$ convergeant vers $f(t)$, de manière que la période de chaque fonction de cette suite soit un multiple de la période précédente :* $\sigma_n = m_{n-1}\sigma_{n-1}$.

---

(1) S. Bochner, *Mathematische Annalen*, **96**, 1926, p. 143-144.

(2) H. Bohr, *Acta mathematica*, **46**, 1924, p. 137-140 et 174-182.

(3) H. Bohr, *Acta mathematica*, **46**, 1924, p. 141-146.

L'espace $R(f)$ de cette fonction est un solénoïde (L. Vietoris, van Dantzig) dont la construction est la suivante. Considérons un tore T_1 dans l'espace de 3 dimensions; à l'intérieur de T_1 prenons un autre « tore » (topologique) T_2 qui fait m_1 tours le long de T_1; de même le tore T_3 fait m_2 tours à l'intérieur de T_2 et ainsi de suite. Le continu de dimension 1, S est défini comme $T_1.T_2.T_3.\ldots$

4. On peut définir à l'intérieur de T_1 une famille continue de trajectoires remplissant T_1, dont une partie coïncide avec S. On peut écrire les équations différentielles de ce mouvement, et l'on obtient ainsi les équations différentielles qui ont des solutions ayant un caractère périodique à la limite.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions presque périodiques et l'*Analysis situs. Note de M. **L. Pontrjagin**, présentée par M. Élie Cartan.

Je me propose de communiquer dans cette Note quelques résultats pouvant servir de base à une théorie topologique des fonctions presque périodiques.

1. L'origine des problèmes topologiques surgissant de la théorie des fonctions presque périodiques est la notion fondamentale de l'*espace* d'une fonction presque périodique [1]. Or cet espace peut être considéré comme un groupe continu abélien [2] que nous désignerons par $R(f)$.

Théorème I. — *Parmi les groupes* $R(f)$ *il y a un groupe universel* T [c'est-à-dire un groupe topologique qui contient l'image isomorphe [3] de $R(f)$, quelle que soit la fonction périodique f].

Ce groupe topologique universel n'est d'ailleurs autre chose que le tore à une infinité de dimensions que MM. Stepanoff et Tychonoff ont considéré dans leur Note citée. La fonction presque périodique $f(t) \sim \Sigma A_k e^{2\pi i \lambda_k t}$ étant donnée, on définit le sous-groupe R' de T isomorphe à $R(f)$ par les

(1) Voir Bochner, *Math. Annalen*, 96, 1926, p. 143-144.

(2) Voir la Note ci-dessus de MM. Stepanoff et Tychonoff, où l'on trouvera l'étude géométrique de ces groupes pour quelques types importants de fonctions presque périodiques.

(3) Un isomorphisme entre deux groupes est une correspondance biunivoque qui est en même temps isomorphe au point de vue algébrique et homéomorphe au point de vue topologique.

équations à coefficients entiers

(1) $$\Sigma N_k x_k = 0,$$

correspondant aux relations $\Sigma N_k \lambda_k = 0$ entre les *fréquences* λ_k de f ; les x_k désignent, dans (1), les coordonnées cycliques (réduites module 1) des points de T.

2. Pour aller plus loin, considérons sous le nom du *groupe des fréquences* $F(f)$ de $f \sim \Sigma A_k e^{2\pi i \lambda_k t}$ le groupe additif des nombres réels $\Sigma t_k \lambda_k$, les coefficients t_k étant des entiers quelconques. Il y a alors une dualité remarquable entre les deux groupes $R(f)$ et $F(f)$, savoir :

Théorème II. — *Chacun des groupes* $R(f)$ *et* $F(f)$ *est, à une isomorphie près, le groupe des caractères de l'autre* [1].

En se basant sur ces propositions, on démontre encore :

Théorème III. — *La dimension (au sens de M. Brouwer) de* $R(f)$, *considéré comme espace topologique, est égale au rang de* $F(f)$, c'est-à-dire au nombre maximal des fréquences linéairement indépendantes de la fonction f.

Théorème IV. — *Le groupe* $F(f)$ *est isomorphe au premier groupe cyclomatique de l'espace topologique* $R(f)$ [2].

Ce théorème exprime une relation peut-être inattendue entre un fait purement analytique et une profonde propriété topologique de l'espace $R(f)$.

Théorème V. — *Si la dimension de* $R(f)$ *est égale à un nombre fini* r, *le* $r^{ième}$ *groupe cyclomatique de* $R(f)$ *est un groupe cyclique dans le cas, et dans le cas seulement, où* $F(f)$ *admet un nombre fini de générateurs*, c'est-à-dire quand f est quasi périodique.

3. *Application aux équations différentielles.* — On déduit du théorème V la proposition suivante :

Soit $dx_i/dt = X_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ un système d'équations différentielles avec des seconds membres uniformes et satisfaisant à la condition de Cauchy-Lipschitz. Si $\{x_1(t), x_2(t), \ldots, x_n(t)\}$ est une solution presque périodique (non quasi périodique) du système ci-dessus, le

---

[1] Voir, pour la définition et quelques propriétés des groupes de caractères, *Verhandl. intern. Math. Kongresses*, Zurich, 2, 1932, p. 195.

[2] J'appelle ici $r^{ième}$ *groupe cyclomatique* le groupe que j'ai introduit dans mon Mémoire des *Math. Annalen*, 105, 1931, p. 165-205, sous le nom de groupe orthogonal à la cyclose r-dimensionnelle d'un espace compact.

nombre des fréquences linéairement indépendantes de cette solution ne dépasse pas $n-2$. Pour le cas quasi périodique le nombre analogue est au plus égal à $n-1$ (résultat de MM. Andronoff et Witt).

Des résultats analogues peuvent être obtenus par les mêmes méthodes dans le cas plus général où les X_i dépendent de t d'une façon presque périodique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux questions relatives à l'équation de M. P. Humbert.* Note de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Nous avons signalé [1] l'existence de formes différentielles, qui se conservent à un facteur près lorsqu'on effectue le changement de variables

$$X = X(x, y, z), \qquad Y = Y(x, y, z), \qquad Z = Z(x, y, z),$$

où X, Y, Y sont solutions du système

$$\frac{\partial X}{\partial x} = \frac{\partial Y}{\partial y} = \frac{\partial Z}{\partial z},$$
$$\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial x},$$
$$\frac{\partial X}{\partial z} = \frac{\partial Y}{\partial x} = \frac{\partial Z}{\partial y},$$

ou de l'un des cinq autres systèmes considérés en même temps.

De ces expressions différentielles, nous avons déduit ensuite des notions de *longueur* et d'*angle*.

Nous voudrions signaler ici que les propriétés d'invariance rappelées plus haut appartiennent aussi à l'expression

$$d\sigma^3 = (dy\,\delta z - dz\,\delta y)^3 + (dz\,\delta x - dx\,\delta z)^3 + (dx\,\delta y - dy\,\delta x)^3$$
$$- 3(dy\,\delta z - dz\,\delta y)(dz\,\delta x - dx\,\delta z)(dx\,\delta y - dy\,\delta x),$$

à laquelle nous attacherons vraisemblablement par la suite la notion d'élément d'*aire*.

Si nous utilisons les variables ρ, θ, φ en effectuant le changement de variables

$$x = \rho\,P(\theta, \varphi), \qquad y = \rho\,Q(\theta, \varphi), \qquad z = \rho\,R(\theta, \varphi)$$

---

[1] *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1154; **194**, 1932, p. 1059.

où $P(\theta, \varphi)$, $Q(\theta, \varphi)$, $R(\theta, \varphi)$ sont les cosinus d'Appell, nous trouvons

$$d\sigma^3 = \rho^6(d\theta\,\delta\varphi - d\varphi\,\delta\theta)^3 + \rho^3(d\varphi\,\delta\rho - d\rho\,\delta\varphi)^3 + \rho^3(d\rho\,\delta\theta - d\theta\,\delta\rho)^3$$
$$- 3\rho^4(d\theta\,\delta\varphi - d\varphi\,\delta\theta)(d\varphi\,\delta\rho - d\rho\,\delta\varphi)(d\rho\,\delta\theta - d\theta\,\delta\rho).$$

Si nous prenions $d\sigma$ comme surface élémentaire définie par les directions d, δ, nous verrions que les équations

$$x = \rho_0\theta, \qquad y = \rho_0\varphi$$

établissent une correspondance à *aires* égales entre le plan $z = z_0$ et la sphère d'Appell $\rho = \rho_0$. Une fois de plus nous constatons l'*applicabilité* de cette surface sur le plan.

Signalons encore que si $P(\alpha, \beta)$, $Q(\alpha, \beta)$, $R(\alpha, \beta)$ sont les cosinus directeurs d'Appell de la direction de la normale à l'élément plan $d\sigma$, on aura

$$d\sigma_x = dy\,\delta z - dz\,\delta y = P(-\alpha, -\beta)\,d\sigma,$$
$$d\sigma_y = dz\,\delta x - dx\,\delta z = R(-\alpha, -\beta)\,d\sigma,$$
$$d\sigma_z = dx\,\delta y - dy\,\delta x = Q(-\alpha, -\beta)\,d\sigma.$$

II. Le 22 mars 1933, à la Société mathématique de France, M. A. Liénard a donné une formule de Green pour l'équation de M. P. Humbert en la mettant sous la forme

$$\frac{\partial}{\partial\zeta}\left(\frac{\partial^2}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial\eta^2}\right)U = 0,$$

et a résolu le problème de Dirichlet pour une surface fermée connaissant sur la surface les valeurs $\partial U/\partial z$, ainsi que les valeurs de U sur la portion de surface où $\cos(N, z)$ conserve un signe constant donné à l'avance [1].

Je voudrais signaler ici que j'avais obtenu partiellement ces résultats sans leur donner la publicité voulue en me posant le problème sous la forme très peu différente suivante : Résoudre le problème de Dirichlet pour la fonction $V = \partial U/\partial t$, les données sur le contour (déformable dans le temps) dépendant du temps. Il y a lieu de rechercher ce qui se passe en un point $M(a, b)$ lorsqu'au temps $t = t_0$ le contour vient à passer par ce point. Nous pourrions nous poser des problèmes analogues pour nos équations

$$\Delta_{3,n} U = 0 \quad (^2).$$

---

[1] Je dois ces renseignements à M. Liénard.

[2] J. Devisme, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 516.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur le rôle de la deuxième condition de F. Riesz dans les espaces abstraits et sur certaines propriétés de connexion.* Note [1] de M. **Antoine Appert**, transmise par M. Émile Borel.

Cette Note a pour objet de compléter les résultats obtenus dans ma Note des *Comptes rendus* de juin 1932 (194, p. 2277) en étendant un certain nombre de propriétés des espaces abstraits les plus usuels et en particulier des espaces accessibles, à diverses classes d'espaces plus généraux et d'une définition simple.

I. Je renvoie à ma Note citée à l'instant pour la définition des *espaces* ($\mathcal{V}$) (espaces où les voisinages ne sont soumis à aucune condition) et pour la terminologie adoptée. J'avais considéré les conditions suivantes dont la première est la plus importante :

α. *Tout ensemble de fermeture* $\overline{E} = E + E'$ *est fermé.*

β. *Tout ensemble dérivé* E' *est fermé.*

Et j'avais indiqué qu'il existait des espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant α sans vérifier β, et des espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant β sans vérifier α.

J'appellerai de plus conditions 2° et 3° de F. Riesz les conditions suivantes :

2° *Pour tous ensembles* E *et* F *on a* $(E + F)' \subset E' + F'$;

3° *Tout ensemble réduit à un seul élément a un dérivé vide.*

Alors on a les résultats suivants.

Dans un espace ($\mathcal{V}$) vérifiant 2° la condition β entraîne la condition α mais α n'entraîne pas β. Dans un espace ($\mathcal{V}$) vérifiant 2° et 3° les conditions α et β sont équivalentes. On peut définir un *espace accessible* au sens de M. Fréchet (*Les espaces abstraits*. Paris, Gauthier-Villars, 1928, p. 185) comme un espace ($\mathcal{V}$) vérifiant 2°, 3° et α.

Les espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant 2° et α jouissent de presque toutes les propriétés des espaces accessibles tout en étant *plus généraux*, mais ils sont *moins généraux* que les espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant α.

Il est intéressant de constater que, *dans un espace* ($\mathcal{V}$), *l'ensemble des conditions 2° et* α *équivaut à la relation suivante :*

$$F' \text{ intérieur de } E \subset (F \text{ intérieur de } E').$$

(Je représente d'une manière générale par EF le produit ou l'ensemble commun aux ensembles E et F.) La relation ci-dessus exprime, sous une forme légèrement différente, ce que M. Fréchet appelait la *propriété de*

---

[1] Séance du 18 avril 1933.

Hedrick généralisée et qui entrait dans une de ses définitions des espaces accessibles (M. Fréchet, *Ouvrage cité*, p. 211-212).

II. Indiquons maintenant quelques propriétés liées à la condition 2°.

La condition 2° équivaut dans un espace ($\mathcal{V}$) *à l'une quelconque des quatre relations suivantes :*

$$(E+F)' = E' + F',$$

$$\overline{E+F} = \overline{E} + \overline{F}$$

$$[\text{intérieur de } (EF)] = (\text{intérieur de } E)(\text{intérieur de } F),$$

$$F' \text{ intérieur de } E \subset (FE)'.$$

Considérons de plus les deux propriétés suivantes qui sont équivalentes dans un espace ($\mathcal{V}$) :

p_{I}, toute somme d'un nombre fini d'ensembles fermés est fermée.

p_{II}, tout produit d'un nombre fini d'ensembles ouverts est ouvert.

p_{I} et p_{II} *sont vraies dans les espaces* ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *et aussi dans certains espaces* ($\mathcal{V}$) *ne vérifiant pas* 2°, *mais cessent d'être exactes dans l'espace* ($\mathcal{V}$) *le plus général.*

Enfin, dans un espace ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *et dense en soi, tout point est point d'accumulation de tout ensemble auquel il est intérieur, et, en particulier, tout ensemble ouvert est dense en soi* (c'est-à-dire appartient à son dérivé).

Ces deux propriétés s'étendent à certains espaces ($\mathcal{V}$) ne vérifiant pas 2°, mais elles ne s'étendent même pas à tous les espaces ($\mathcal{V}$) denses en soi.

III. Rappelons maintenant les définitions suivantes. Un ensemble G est *bien enchaîné* si, quels que soient les ensembles E et F non vides, différents et tels que $G = E + F$ on a toujours $EF' + E'F + E'F' \neq 0$.

Un ensemble G est *connexe* si, quels que soient les ensembles E et F non vides, différents et tels que $G = E + F$ on a toujours $EF' + E'F \neq 0$.

J'ai démontré les théorèmes suivants :

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *il y a identité entre un ensemble fermé bien enchaîné, un ensemble fermé connexe et un ensemble fermé indécomposable en une somme de deux ensembles non vides, fermés et sans élément commun.* (Un tel ensemble, s'il contient plus d'un point, sera dit un *continu*.)

Ce théorème est dû à M. Fréchet dans le cas d'un espace accessible [*Sur les ensembles abstraits* (*Ann. Éc. Norm. sup.*, 38, 1921, p. 370)].

Par contre posons :

A = classe des ensembles *ouverts* bien enchaînés.

B = classe des ensembles *ouverts* connexes.

C = classe des ensembles *ouverts* indécomposables en une somme de deux ensembles non vides, ouverts et sans élément commun.

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *on a* $C = B \subset A$ *avec en général* $B \neq A$. (La relation $B \neq A$ subsiste même dans l'espace euclidien.)

Dans l'espace ($\mathcal{V}$) le plus général il subsiste $B \subset C$ avec en général $B \neq C$.

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *si l'ensemble* G *est connexe* (*bien enchaîné*) *et si* $H \subset G'$, *alors* G + H *est aussi connexe* (*bien enchaîné*).

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *si* G *est bien enchaîné*, $\overline{G} = G + G'$ *est non seulement bien enchaîné mais même connexe.*

En particulier dans un espace ($\mathcal{V}$) vérifiant α si G est bien enchaîné, $\overline{G}$ est un continu ou est réduit à un seul point. Ce théorème est dû à M. Fréchet dans le cas plus particulier d'un espace accessible (Mémoire cité, p. 370).

Réciproquement dans un espace ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *et* α *si un ensemble de la forme* G + H *est bien enchaîné avec* $H \subset G'$, *alors* G *est aussi bien enchaîné; en particulier si* $\overline{G}$ *est bien enchaîné*, G *est aussi bien enchaîné.* Ce dernier résultat est dû à M. Fréchet dans le cas plus particulier d'un espace accessible (Mémoire cité, p. 370).

Par contre il existe des espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant 2°, qui sont même des espaces de Linfield, où un ensemble G non bien enchaîné peut être tel que $\overline{G}$ soit bien enchaîné et soit même un continu.

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 3° *de F. Riesz tout continu est un ensemble parfait* (*c'est-à-dire identique à son dérivé*). Cette dernière proposition qui est due à M. Fréchet dans un espace accessible (Mémoire cité, p. 370) ne s'étend même pas à tous les espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant 2° et α.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la nature analytique des solutions des systèmes canoniques intégrables par quadratures.* Note [1] de M. **Giovanni Lampariello**, présentée par M. Henri Villat.

Étant donné un système canonique dont la fonction H d'Hamilton est indépendante du temps, il est bien connu que, si H est du type de Stäckel, on est conduit, sous certaines conditions, à la notion importante des *mouvements multipériodiques*, d'après M. Husson.

Dans ces mouvements, la solution générale est représentée par les équations

$$\begin{aligned} p_h &= \varphi_h(J_1, J_2, \ldots, J_n \mid u_1, u_2, \ldots, u_n) \\ q_h &= \psi_h(J_1, J_2, \ldots, J_n \mid u_1, u_2, \ldots, u_n) \end{aligned} \qquad (h = 1, 2, \ldots, n)$$

---

(1) Séance du 27 mars 1933.

où les J désignent n constantes arbitraires et où les variables

$$u_i = \omega_i t + \beta_i \quad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

sont fonctions linéaires du temps. Les β et J sont les $2n$ constantes d'intégration, les ω_i des constantes qui en dépendent et les fonctions φ et ψ sont périodiques de période 2π par rapport à toutes les u (¹).

Or, dans le cas de Stäckel, le système canonique admet n intégrales quadratiques (en involution) et l'intégration est justement ramenée aux quadratures, d'après un théorème de Liouville (²).

On peut établir un résultat analogue, mais plus général, quand on remplace le criterium de la séparation des variables par une condition géométrique, précisément, *si l'on suppose que les équations canoniques admettent n intégrales uniformes en involution y compris celle de l'énergie, indépendantes du temps, lesquelles représentent dans l'espace des phases une variété σ fermée et dépourvue de points multiples.*

D'une manière précise, nous introduirons l'hypothèse que, à l'aide des intégrales connues, les coordonnées p, q d'un point quelconque de σ soient exprimées en fonctions périodiques de période 2π de n variables paramétriques $u_1, u_2, \ldots, u_n$ (³).

D'après le théorème de Liouville rappelé ci-dessus, on sait que toute fonction W définie par

$$dW = \sum_h p_h dq_h$$

est une intégrale complète de l'équation d'Hamilton-Jacobi associée au système canonique.

En introduisant les u on obtient $dW = \sum_i U_i du_i$, où les fonctions U sont périodiques et dépendent des J.

On voit aisément que la différence

$$\lambda_i = W(u_i + 2\pi) - W(u_i)$$

entre les valeurs de W correspondant à $u_i + 2\pi$ et u_i (toutes les autres u

---

(¹) M. T. Levi-Civita a démontré récemment que tout système dynamique à mouvements multipériodiques admet n intégrales uniformes (le long des solutions). Cf. son Mémoire sous presse dans le *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*.

(²) Cf. T. Levi-Civita et U. Amaldi, *Lezioni di Meccanica razionale*, 2, Bologne, 1927, Chap. X, § 7, p. 2.

(³) La possibilité d'une telle représentation pour σ implique évidemment seulement des conditions de nature topologique parce qu'on serait conduit à constater que σ possède l'ordre de connexion de la variété type sphère, tore, etc.

étant inaltérées) est constante et que la fonction

$$\Phi = W - \frac{1}{2\pi}\sum_i \lambda_i u_i$$

est périodique.

Donc W diffère d'une fonction périodique par une combinaison linéaire des variables paramétriques et nous obtenons W sous la forme

$$W = \Phi + \frac{1}{2\pi}\sum_i \lambda_i u_i,$$

où les λ dépendent seulement des J.

D'autre part, une telle W est ce que devient une intégrale complète $W^*(q|J)$ de l'équation d'Hamilton-Jacobi dès qu'on substitue aux q leurs expressions en fonction des u.

D'après le théorème de Jacobi, les équations (où $\omega_{ik} = \partial\lambda_i/\partial J_k$)

$$t + \beta_1 = \frac{\partial\Phi}{\partial J_1} - \sum_h p_h \frac{\partial q_h}{\partial J_1} + \frac{1}{2\pi}\sum_i \omega_{i1} u_i,$$

$$\beta_k = \frac{\partial\Phi}{\partial J_k} - \sum_h p_h \frac{\partial q_h}{\partial J_k} + \frac{1}{2\pi}\sum_i \omega_{ik} u_i \quad (k = 2, 3, \ldots, n)$$

nous donnent les variables u en fonction du temps et des constantes β.

Ces équations demeurent invariables lorsqu'une des u_i augmente de 2π et que simultanément les constantes β augmentent des quantités ω_{i1}, $\omega_{i2}, \ldots, \omega_{in}$. Donc on aura

$$u_i = f_i(t + \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n) \quad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

les fonctions f étant telles que, quand les β augmentent de $\omega_{i1}, \omega_{i2}, \ldots, \omega_{in}$, u_i seulement augmente de 2π.

Mais, d'après la représentation paramétrique, les variables canoniques p, q sont périodiques par rapport aux u; elles sont donc périodiques aussi par rapport à toutes les β.

ÉLASTICITÉ. — *Pièce plane indéfinie soumise à l'action de forces massiques situées dans le plan et application au calcul des tympans rectangulaires supportant des forces intérieures et extérieures.* Note (1) de M. **Robert L'Hermite.**

Dans le cas où les forces appliquées à un solide plan sont des forces massiques, les fonctions d'Airy ne sont plus utilisables et le calcul des

(1) Séance du 10 avril 1933.

tensions dépend de celui des déplacements où interviennent les coefficients d'élasticité. Le cas de la force massique appliqué à un élément de volume infiniment petit au centre d'un tympan indéfini peut être résolu de la façon suivante :

Dans les équations de l'élasticité plane, on peut poser

$$u = -\frac{d^2\varphi}{dx\,dy}, \qquad v = -\frac{d^2\varphi}{dy^2} + A\,\Delta^2\varphi,$$

A est une constante et φ une fonction de x, y.

Les équations de l'élasticité plane sont alors satisfaites en faisant

$$A = \frac{\lambda' + 2\mu}{\lambda' + \mu}, \qquad \Delta^2\,\Delta^2\varphi = -\frac{\varphi_0}{\mu A}.$$

Cette dernière équation nous donne pour φ :

$$\Delta^2\varphi = -\frac{Y_0}{2\pi\mu A}\log r, \qquad \varphi = -\frac{Y_0}{2\pi\mu A} \times \frac{r^2}{4}(\log r - 1),$$

où Y_0 est la force massique appliquée à l'origine.

Les contraintes sont alors

$$(1) \qquad \left\{\begin{aligned} N_x &= \frac{2Y_0K_1}{\pi}\,\frac{y}{r^2} + \frac{2Y_0K_2}{\pi}\,\frac{x^2y}{r^4}, \\ N_y &= \frac{2Y_0K_1}{\pi}\,\frac{y}{r^2} + \frac{2Y_0K_2}{\pi}\,\frac{y^3}{r^4}, \\ T &= \frac{2Y_0K_1}{\pi}\,\frac{x}{r^2} + \frac{2Y_0K_2}{\pi}\,\frac{x^2y}{r^4}, \end{aligned}\right.$$

où

$$K_1 = \frac{\mu}{4(\lambda' + 2\mu)}, \qquad K_2 = \frac{\lambda' + \mu}{2(\lambda + 2\mu)}. \qquad \lambda' = \frac{2\mu}{\lambda + 2\mu}\lambda.$$

Les expressions (1) satisfont en dehors de la masse chargée aux équations réduites de Maurice Levy.

On peut remarquer que les coefficients de k_2 sont les contraintes données par Flamant dans le cas du tympan semi-indéfini soumis à l'action d'une charge perpendiculaire à la droite limite.

Si l'on trace les isostatiques correspondant à ce problème, on voit que le long des deux axes à 45° sur la direction de la force, les tensions principales perpendiculaires à ces axes sont nulles. On pourrait effectuer une coupure le long de ces droites sans changer la distribution des efforts, à condition de garder une jonction au point d'application de la force. On peut remarquer

également que les isostatiques sont homothétiques par rapport au point d'application.

En appliquant une force p en chaque point d'une droite Δ indéfinie et perpendiculairement à celle-ci, les tensions principales ont des directions parallèles et perpendiculaires à cette droite et ont pour valeur $\pm p/2$.

Si la force est appliquée suivant la direction de la droite, les tensions principales ont leur direction à 45° sur Δ et ont pour valeur $\pm p/2$.

Tympan rectangulaire. — Si, sur le plan illimité, on dispose régulièremens des forces p aux sommets d'un réseau rectangulaire $2B$, $2H$, les tensions sont :

$$\nu = \sum_{m,n} \mathrm{N}(m, n, b, h),$$

$$\tau = \sum_{m,n} \mathrm{T}(m, n, b, h),$$

b, h désignent les coordonnées du premier sommet du réseau rencontré dans le quart de plan supérieur droit xOy en partant de l'origine des coordonnées.

Remarquons que si les forces sont disposées de telle façon que

$$\mathfrak{N}_x = \nu_x(b, h) + \nu_x(2L - b, h) - \nu_x(b, 2H - h) - \nu_x(2L - b, 2H - h),$$

la quantité

$$\mathfrak{T} = \tau\,(b, h) + \tau\,(2L - b, h) - \tau\,(b, 2H - h) - \tau\,(2L - b, 2H - h)$$

est nulle sur les quatre côtés du rectangle (0, 0), (0, H), (L, H), (L, 0). Un système de forces en équilibre étant donc donné à l'intérieur de ce rectangle, il suffit de calculer les pressions perpendiculaires aux quatre côtés par la méthode précédente, d'appliquer sur ces côtés des pressions égales et de signes contraires, d'en déduire à l'aide de la méthode donnée aux *Comptes rendus* du 21 novembre 1932 les contraintes $\mathfrak{N}'$ et $\mathfrak{T}'$ correspondantes qu'il suffira de retrancher des contraintes $\mathfrak{N}$ et $\mathfrak{T}$ pour obtenir les contraintes réelles.

Tympan limité à deux droites parallèles. — Un autre problème très intéressant au point de vue des applications peut être également résolu à l'aide de cette méthode. Disposons sur une ligne droite horizontale illimitée, au sein du tympan indéfini, des forces P régulièrement espacées. Sur les verticales passant à égale distance des points d'application des forces, les cisaillements sont nuls et les tensions principales sont parallèles et perpendiculaires à ces axes. Nous pouvons limiter le tympan à deux de ces droites

à condition de remplacer les pressions normales par des pressions égales et de signes contraires. Ceci peut être fait à l'aide des formules données par Flamant pour les contraintes développées par l'application de forces opposées sur les deux côtés d'une bande illimitée. Le problème élémentaire ayant ainsi été résolu, on peut, par superposition, obtenir tous les cas de charge possibles et étudier la répartition des pressions sur toutes les sections d'une bande illimitée soumise à des charges ponctuelles ou réparties, question d'un grand intérêt dans la construction métallique où l'on arrive ainsi à la connaissance, d'une part, de la répartition des cisaillements entre les rivets; d'autre part, des fatigues maxima du métal.

ASTRONOMIE. — *Remarques sur le système double à éclipses* RZ Cassiopeiæ. Note de M. **J. Ellsworth**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les observations photométriques et spectroscopiques de l'étoile *RZ Cassiopeiæ* ont conduit jusqu'ici à des résultats contradictoires. Nous nous proposons, dans cette Note, de les soumettre à une nouvelle discussion.

Observations photométriques. — Les mesures photométriques de Dugan ont montré que la période variait d'une manière périodique ([1]). L'éphéméride, revue par Hellerich ([2]), a été mise sous la forme

$$\text{(1)}\qquad \text{min.} = \text{JJ } 2417355,4218 + 1^{\text{j}},1952512\,E + 0,0051 \sin(0^\circ,0953\,E - 6^\circ,6).$$

Dans un travail plus récent ([3]), Hellerich donne la formule moyenne

$$\text{(2)}\qquad \text{min.} = \text{JJ } 2417355,4200 + 1^{\text{j}},1952525\,E,$$

en se bornant à signaler que le terme sinusoïdal aurait une période d'environ 5200 E, soit de l'ordre de 17 ans.

En admettant que le changement de période résulte de la rotation de la ligne des apsides, Hellerich déduit de la formule (1) :

$$\text{excentricité } e = 0,013,$$
$$\text{longitude du périastre } \omega = 290^\circ \text{ ou } 70^\circ,$$

pour $E = 1752$.

Mais la valeur de ω donnée par Hellerich concerne en réalité la composante obscure du système. En étudiant graphiquement les résidus de la

([1]) R. S. Dugan, *Monthly Notices*, **76**, 1916, p. 729.
([2]) J. Hellerich, *Astronomische Nachrichten*, **215**, 1921, col. 336.
([3]) J. Hellerich, *Astronomische Nachrichten*, **233**, 1928, col. 129.

formule (2) nous avons obtenu

$$e = 0{,}013 \quad \text{et} \quad \omega = 228^\circ \text{ ou } 132^\circ.$$

Ces valeurs de ω concernent la composante brillante du système : la dernière correspond à une rotation rétrograde de la ligne des apsides.

Observations spectroscopiques. — Les observations spectroscopiques de Jordan (correspondant à l'époque moyenne JJ 2419449, ou $E = 1752$) [1] ont conduit leur auteur à envisager deux solutions possibles. La première, avec $\omega = 90^\circ$, donne

$$e = 0{,}022 \pm 0{,}020\,;$$

la seconde, avec $\omega = 180^\circ$, donne

$$e = 0{,}061 \pm 0{,}022.$$

Jordan adopte la seconde hypothèse et donne finalement

$$(3) \qquad e = 0{,}052 \pm 0{,}025, \qquad \omega = 154^\circ{,}7 \pm 20^\circ{,}9.$$

Prenant comme point de départ $\omega = 90^\circ$, $e = 0$, nous avons discuté à nouveau les observations de Jordan. Une solution des moindres carrés nous a donné finalement

$$e = 0{,}018, \qquad \omega = 125^\circ.$$

Ces valeurs diffèrent peu de celles que nous avons déduit des mesures photométriques, dans le cas d'une rotation rétrograde de la ligne des apsides.

D'après notre solution, le milieu de l'éclipse photométrique serait en retard de 19 minutes sur la phase spectroscopique où les deux composantes sont dans la direction du rayon visuel. Dans la solution (3) de Jordan, le décalage atteignait 50 minutes en sens inverse.

Conclusion. — Ainsi, contrairement à l'opinion d'Hellerich, les données photométriques et spectroscopiques actuelles ne sont pas inconciliables. Mais on doit admettre que la rotation de la ligne des apsides, dont la période est d'une vingtaine d'années, s'effectue *dans le sens rétrograde*. Il serait donc impossible de l'expliquer par la théorie de l'aplatissement des pôles de Tisserand [2], ou par l'effet de marée de Russell [3]. Si son existence se

---

[1] F. C. Jordan, *Publications of the Allegheny Observatory*, **3**, 1914, p. 137.
[2] F. Tisserand, *Comptes rendus*, **120**, 1895, p. 125.
[3] H. N. Russell, *Monthly Notices*, **88**, 1928, p. 641.

trouvait confirmée, il faudrait sans doute revenir à la théorie de Chandler, en admettant une translation rétrograde du système double autour d'un troisième corps (1).

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude des phénomènes moléculaires à la surface de séparation huile-eau. Applications au contrôle des huiles.* Note (2) de MM. **J.-J. Trillat** et **L. Leprince-Ringuet**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le présent travail a pour but d'étudier les modifications de la tension interfaciale entre l'eau pure et des huiles diverses, en fonction d'impuretés déterminées ajoutées volontairement à ces dernières, ou encore en fonction de leur degré d'altération provenant de l'action de la chaleur, des rayons ultraviolets ou de l'usage en moteur.

I. On sait que la tension interfaciale entre deux phases liquides est considérablement modifiée par la présence, dans l'une de ces phases, de substances étrangères. Suivant les cas, on observe soit une *diminution* de la tension interfaciale, soit plus rarement un *accroissement;* l'équilibre est régi par la loi bien connue de Gibbs, dont l'exactitude a été prouvée par de nombreux travaux (Donnan, Adam, Dubrisay, Lecomte du Noüy, etc).

En mettant en contact avec de l'eau très propre une huile pure comme l'huile de paraffine (carbures saturés), et en opérant par la méthode d'arrachement d'un anneau de platine, au moyen de l'appareil de Lecomte du Noüy, on constate d'abord l'existence d'une tension interfaciale de l'ordre de 40 dynes/cm, qui ne varie que très peu avec le temps de contact. Mais si l'on dissout dans l'huile des proportions croissantes d'acide oléique (concentrations variant de 10^{-5} à 10^{-2}), on observe une très forte chute initiale de la tension interfaciale, d'autant plus accentuée que la proportion en acide est plus grande; de plus, les courbes des tensions interfaciales par rapport au temps présentent au début une courbure accentuée et se continuent ensuite par un palier.

L'étude systématique de ce phénomène, effectuée en utilisant comme impuretés un certain nombre de substances choisies (acides gras à nombre d'atomes de carbone variables, alcools aliphatiques, triglycérides, etc.),

(1) Ch. André, *Traité d'Astronomie stellaire*, 2, Gauthier-Villars, éditeur, 1900, p. 251.

(2) Séance du 18 avril 1933.

nous a conduit à admettre que les molécules dissoutes dans l'huile et possédant un moment électrique permanent sont adsorbées à la surface de l'eau, où elles s'orientent en s'enracinant par leur groupe actif. La courbure initiale des courbes représentatives correspond au temps nécessaire à la formation et à l'organisation de ces couches adsorbées.

La nature de la molécule et la valeur de son moment électrique jouent un rôle important; une preuve très nette en a été apportée en dissolvant dans l'huile de paraffine soit du cyclohexanol (possédant un moment électrique permanent), soit du cyclohexane (moment électrique nul) : dans le premier cas, on constate une forte baisse de la tension interfaciale, tandis qu'il ne se produit rien dans le second cas.

Ces résultats s'accordent bien avec les recherches effectuées avec les rayons X sur l'orientation des molécules au contact de l'eau (J.-J. Trillat); il est à remarquer aussi que la mesure des tensions est d'une très grande sensibilité, puisqu'elle permet de déceler jusqu'à un cent-millième d'impureté active dissoute dans l'huile de paraffine.

II. On a appliqué ces observations à l'étude des changements produits dans diverses huiles de graissage par différents facteurs, tels que chaleur, rayons ultraviolets, usage en moteur, ainsi qu'à la comparaison des divers lubrifiants entre eux (voir également à ce sujet les travaux de Weiss et Vellinger).

a. L'altération des huiles par la chaleur se manifeste par une diminution de la tension interfaciale. Pour une même huile, la diminution est d'autant plus forte que le chauffage a été plus prolongé, ce qu'on peut expliquer par la présence de molécules acides, possédant un groupement à moment électrique élevé. Les diverses huiles ne se conduisent pas toutes de la même façon, et la méthode permet de mesurer, d'une façon simple et précise, la marche de l'altération. Des essais semblables ont également été effectués sur des huiles altérées par la chaleur et l'agitation (méthode de Dixmier).

b. L'altération par les rayons ultraviolets donne lieu aux mêmes remarques.

c. L'altération d'une huile en moteur peut être également suivie facilement par les modifications de tension interfaciale. Nous avons pu montrer que déjà après une ou deux heures de service dans un moteur d'avion, l'huile présentait un abaissement de tension interfaciale par rapport à l'eau; ce résultat est intéressant, étant donnée la rapidité de la mesure (quelques secondes), et étant donné également que les méthodes chimiques ne peuvent que difficilement déceler des changements aussi faibles.

d. Enfin l'étude d'huiles de graissage neuves, de marques diverses, donne lieu à des courbes tension/temps différentes. Ceci permet de vérifier la nature d'un lubrifiant, de classer ceux-ci entre eux, et d'en tirer des conclusions relativement à leur valeur.

Ce travail a été effectué avec l'appui du Service des recherches de l'Aéronautique; une partie des appareils a été mise à notre disposition à l'Institut Pasteur, par M. Lecomte du Noüy.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau détecteur.* Note de M. **Jean Cayrel**, présentée par M. A. Cotton.

1. Mlle Collet ([1]) a signalé en 1921 que les galènes dites insensibles présentaient une rectification métal-cristal (rectification β) en sens *inverse* de celle des galènes sensibles. J'ai montré en 1926 ([2]) que la rectification β de la galène insensible, généralement nulle avec les métaux à oxydes isolants tels que Al, Mg, Zn, etc., est au contraire favorisée par l'emploi de métaux inoxydables ou peu oxydables comme Ag, Au, Pt, Ni. J'ai montré aussi qu'à partir d'une tension efficace comprise entre 0,5 et 2 volts la rectification β de la galène insensible fait place à une rectification cristal-métal de même sens que celle de la galène sensible (rectification α) et d'ailleurs très médiocre. Les métaux oxydables donnent lieu uniquement à ce dernier phénomène.

Même avec Au et Ag, qui donnent cependant des rectifications β exceptionnellement bonnes, la détection est toujours très inférieure à celle de la galène sensible et d'une grande instabilité.

2. Si l'on électrolyse une solution d'hydrogène sulfuré en prenant pour anode une galène insensible fraîchement clivée, on constate que le cristal perd son éclat métallique et se recouvre d'une poussière brunâtre. Cette poussière est principalement constituée par du soufre très finiment divisé et à l'état quasi colloïdal. On peut s'en rendre compte en la traitant par un mélange de benzène et de sulfure de carbone. On obtient par évaporation du solvant un dépôt qui examiné au microscope apparaît sous forme de beaux cristaux de soufre octaédrique.

Les galènes insensibles ainsi sulfurées présentent avec les métaux nobles

---

([1]) *Annales de Physique*, **15**, 1921, p. 265.

([2]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 449.

une rectification du même ordre qu'avant sulfuration mais beaucoup plus stable. Le taux de rectification I_m/I_{eff} est accru.

Avec les métaux oxydables les résultats sont sensiblement les mêmes qu'avant sulfuration.

Par contre avec Cu *qui donnait une rectification β très médiocre s'inversant à partir de 0,50 volt on obtient après sulfuration une rectification β supérieure à celle des métaux nobles et qui persiste sous 2 volts efficaces.* LA RECTIFICATION EST AMÉLIORÉE AU POINT DE SURPASSER AUX FAIBLES AMPLITUDES LA RECTIFICATION α DES GALÈNES LES PLUS SENSIBLES.

3. *Le comportement exceptionnel du cuivre vis-à-vis de la galène β sulfurée provient de ce que la pointe, pour entrer en contact avec le cristal, doit traverser la couche de soufre très finement divisé qui le recouvre. Il y a altération superficielle de l'extrémité de la pointe et* FORMATION DE SULFURE DE CUIVRE. *Au lieu du contact* CUIVRE-GALÈNE β dont la rectification est très médiocre, on a un contact SULFURE DE CUIVRE-GALÈNE β. *Ce contact formé de deux substances de polarités opposées est un excellent détecteur.*

A l'appui de cette interprétation, citons les faits suivants :

1° L'examen microscopique de l'extrémité de la pointe révèle qu'elle a perdu l'éclat métallique et pris une couleur grisâtre;

2° Si après avoir formé un contact rectifiant avec la pointe de cuivre et la galène sulfurée, on remplace celle-ci par une galène β *non sulfurée*, on obtient également une excellente détection, la couche de sulfure de cuivre formée lors du contact cuivre-galène sulfurée restant adhérente à la pointe lors de la seconde expérience;

3° On peut mettre en évidence les propriétés détectrices acquises par la pointe du fait de son altération en la mettant en contact avec un métal. La rectification est beaucoup moins bonne qu'avec la galène β mais cependant très nette. Elle présente les caractères spécifiques de la rectification produite par CuS;

4° Si l'on plonge un fil de cuivre dans une solution de soufre dans CS^2, le cuivre se recouvre d'une pellicule de sulfure vert foncé. Un tel fil mis en contact avec une galène β non sulfurée, constitue un bon détecteur dont les propriétés sont semblables à celles du contact cuivre-galène β sulfurée.

4. Florisson [1] a trouvé en 1920 que la vapeur de soufre à haute température transforme la galène insensible en galène sensible.

Il est important de remarquer que *la sulfuration à froid de la galène*

---

[1] *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 106.

insensible non seulement n'entraîne pas semblable transformation mais favorise la rectification β.

On a vu en effet que, même avec les métaux qui ne forment pas de sulfures, le soufre stabilise la détection β et améliore le taux de rectification.

Cette action paraît être purement mécanique et tout à fait semblable à celle des « poudres calantes » des expériences de Pélabon : le contact devient plus stable, moins cohérable, mais l'ordre de grandeur du courant rectifié n'est pas changé [1]. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une sensibilisation comme celle que le soufre exerce sur la galène à haute température et *qui d'ailleurs change le sens du courant rectifié*.

Le fait qu'un dépôt de soufre pulvérulent sur la galène insensible accuse la polarité β de cette galène montre que la galène dite sensible est tout autre chose que de la galène insensible revêtue de soufre.

Cette conception née d'un rapprochement illégitime entre les expériences de Pélabon sur les détecteurs métalliques et la réaction sensibilisatrice de Florisson paraît donc inacceptable.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Biréfringence magnétique de l'oxygène liquide.* Note de M. P. Lainé, présentée par M. A. Cotton.

Dans son rapport au Congrès Solvay de 1921 [2] Kamerlingh Onnes annonçait que Zernike avait mesuré à Leyde la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide et il indiquait que cette biréfringence est égale à $-1,85$ fois celle du nitrobenzène. Cette expérience de Zernike n'a fait l'objet depuis d'aucune publication : on n'avait donc aucun renseignement sur les conditions dans lesquelles la mesure avait été effectuée et l'on ne connaissait ni la dispersion de cette biréfringence, ni sa variation avec le champ, ni sa variation thermique. En raison de l'intérêt particulier que présente l'étude de la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide (ce corps est fortement paramagnétique), M. Cotton m'a conseillé de reprendre cette étude au Laboratoire du grand électroaimant de l'Académie des Sciences.

Ce travail a été pour moi l'occasion de mettre au point des appareils qui

---

[1] Sauf avec Cu mais ici c'est la substitution de CuS à Cu qui cause, on l'a vu, l'apparente sensibilisation de la galène.

[2] *Comm. Leiden, supp.* n° 44, 1921, p. 28.

résolvent, je crois, d'une façon aussi satisfaisante que possible, les difficultés techniques de l'étude des propriétés optiques des corps à des températures très différentes de la température ordinaire. Ces appareils seront décrits dans une publication ultérieure.

J'ai préparé l'oxygène par électrolyse d'une solution de soude avec des électrodes de fer. L'hydrogène qui avait diffusé dans l'oxygène était brûlé dans un tube à amiante platinée chauffé par une résistance électrique. Le gaz qui était recueilli transitoirement dans un petit gazomètre à acide sulfurique allait ensuite, après avoir passé dans des tubes desséchants plongés dans l'oxygène liquide, se condenser dans une ampoule plongée dans l'azote liquide. Le remplissage de l'appareil placé dans le champ magnétique se faisait par distillation au travers de tubes préalablement vidés de sorte que la pureté du gaz ne risquait pas de s'altérer au cours des manipulations.

La température était mesurée à 1/10e de degré près environ à l'aide d'un couple thermo-électrique et d'un potentiomètre. Je me suis servi, pour l'étalonnage de ce couple, des mesures de tensions de vapeur de l'oxygène et de l'azote purs effectuées à Leyde par Cath [1].

Les mesures ont été faites avec les appareils à pénombres en usage à Bellevue [2].

Ordre de grandeur et signe de la biréfringence. — A la température de 89°,8 K. (obtenue à l'aide d'oxygène liquide commercial bouillant sous la pression atmosphérique) et pour la radiation verte de l'arc au mercure ($\lambda = 546$), j'ai mesuré une biréfringence négative de 13°30′, alors que, sous la même épaisseur, dans le même champ et pour la même radiation, le nitrobenzène m'a donné, à la température de 17° C, une biréfringence positive de 6°53′.

Le rapport de ces deux biréfringences est $-1,96$. Ce nombre qui, doit être exact à une unité près de son dernier chiffre, est un peu supérieur en valeur absolue à celui trouvé par Zernike. Sans doute, cela tient à ce que les mesures n'ont pas été faites de part et d'autre aux mêmes températures.

En partant de la constante de Cotton-Mouton du nitrobenzène [3] on peut calculer la valeur de cette constante pour l'oxygène liquide. A la température de 89°,8 K. et pour la radiation $\lambda = 546$, elle est égale à

$$C_m = -5,33.10^{-12}.$$

Le signe de la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide indique

(1) *Comm. Leiden*, n° 152, 1917, p. 45.

(2) A. Cotton et G. Dupouy, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 544; et A. Cotton, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1665.

(3) Cotton et Mouton, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 19, 1910, p. 170.

que le moment magnétique permanent de la molécule d'oxygène est orienté suivant une direction de faible réfractivité.

Ce résultat me paraît intéressant au point de vue théorique. On admet en effet [1] que dans une molécule diatomique homopolaire comme celle d'oxygène la direction de plus forte réfractivité est celle de l'axe qui passe par les centres des deux atomes. On admet également que de telles molécules possèdent une symétrie de révolution autour de cet axe. L'ensemble de ces deux hypothèses est incompatible avec le fait que le moment magnétique permanent, qui représente évidemment une direction privilégiée, est orienté suivant une direction de faible réfractivité. Il faudrait donc renoncer à attribuer à la molécule d'oxygène une symétrie de révolution à moins que la structure particulière de cette molécule, dans laquelle la liaison entre les atomes paraît créer le moment permanent, fasse que la droite joignant les noyaux des atomes soit une direction de faible et non de forte réfractivité.

Dispersion de la biréfringence. — J'ai effectué des mesures à la même température (température d'ébullition de l'oxygène liquide commercial) pour les trois radiations, $\lambda = 578$, $\lambda = 546$, $\lambda = 436$ de l'arc au mercure. J'ai trouvé les rapports de dispersion suivants :

$$\frac{\beta_{546}}{\beta_{578}} = 1,07, \quad \frac{\beta_{436}}{\beta_{578}} = 1,40, \quad \text{d'où l'on déduit} \quad \frac{\beta_{436}}{\beta_{546}} = 1,31.$$

Ces valeurs sont un peu plus faibles que les valeurs trouvées par Cotton et Mouton pour le nitrobenzène, valeurs qui sont respectivement : 1,08, 1,47 et 1,36.

Bien que la radiation jaune ($\lambda = 578$) soit absorbée par l'oxygène liquide, les rapports précédents n'indiquent pas d'anomalie marquée de la valeur de la biréfringence pour cette radiation particulière. Mais une étude plus serrée de la dispersion de cette biréfringence devra être entreprise, où l'on emploiera un nombre plus grand de radiations, principalement au voisinage des diverses bandes d'absorption.

Près des diverses bandes de l'oxygène liquide on pourra peut-être rechercher directement si les indices présentent des anomalies.

Je donnerai dans une autre publication les résultats que j'ai obtenus en étudiant la variation thermique de la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide et sa variation avec le champ.

---

(1) Cabannes, *La diff. moléc. de la lum.*, Chap. V, § 2, p. 111.

FLUORESCENCE. — *Sur le rendement de la fluorescence du salicylate de soude.* Note (¹) de M. **Pierre Dubouloz**, présentée par M. A. Cotton.

Dans deux Notes précédentes (²) M. Chevalier et nous-même avons montré, à la suite de MM. J. et J.-F. Thovert (³), qu'une cellule photoélectrique recouverte d'une substance fluorescente appropriée constitue un récepteur commode pour la photométrie de l'ultraviolet. Nous avons étudié les conditions dans lesquelles fonctionnait un semblable dispositif constitué par une cellule au potassium et du salicylate de soude solide. Les résultats qui ont été obtenus sont les suivants :

Une couche de salicylate de soude de 0^{mm},05 d'épaisseur constitue un diffuseur qui réfléchit et transmet la lumière blanche sans la modifier, mais retient l'ultraviolet de courte longueur d'onde ; celui-ci n'est pratiquement pas transmis, et la lumière diffusée par réflexion n'en contient plus, par rapport à la lumière incidente, que 5 à 10 pour 100, selon la longueur d'onde et l'angle de diffusion. Cette absorption diminue progressivement à partir de 3450 Å et devient nulle vers 3700 A.

Dans ces conditions, et sachant par ailleurs que la composition de la lumière de fluorescence ne varie pas quelle que soit la longueur d'onde de la radiation qui la provoque, on peut admettre en première approximation qu'en dessous de 3450 A, la courbe de sensibilité du récepteur étudié n'est autre que la courbe exprimant le rendement de la fluorescence en fonction de la longueur d'onde excitatrice, à un facteur constant près.

Cette courbe de sensibilité a été déterminée en utilisant comme source, d'une part l'arc électrique au charbon, assimilé à un corps noir de température égale à 3780° K., et d'autre part une lampe à filament de tungstène et fenêtre de quartz, à diverses températures. Elle se confond, à 5 pour 100 près, avec une droite passant par l'origine des longueurs d'onde, entre 3450 et 2600 Å. Pour les longueurs d'onde plus courtes, bien que la précision soit beaucoup plus faible (⁴), elle semble se continuer sans accident, au moins jusqu'à 2100 Å.

(¹) Séance du 18 avril 1933.

(²) A. Chevallier et P. Dubouloz, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 174 et 452.

(³) J. et J.-F. Thovert, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 731.

(⁴) Dans cette région, l'arc ne peut plus servir d'étalon de température de couleur. Son émission semble présenter à partir de 2600 Å, et au moins jusqu'à 2000 Å, une augmentation considérable.

Ces résultats confirment la loi de rendement quantique constant attribué à la fluorescence depuis les recherches de Nichols et Merrit (¹) et de Wawilow (²). Appliqués, comme nous l'avons proposé, à la photométrie de l'ultraviolet, ils donnent un moyen commode d'obtenir un récepteur très peu sélectif, dont la courbe de sensibilité soit, à un facteur constant près, indépendante de la cellule et de la préparation. Cette sensibilité peut par ailleurs être assez élevée, le rendement de la fluorescence du salicylate de soude solide atteignant pour $\lambda = 3125$ une valeur voisine de 0,70.

A l'aide du même dispositif, nous avons étudié le rendement de la fluorescence du salicylate de soude en solution. La courbe qui exprime sa variation en fonction de la longueur d'onde présente un parallélisme parfait avec celle du sel solide, de 3450 à 2600 Å, valeur pour laquelle le rendement diminue brusquement de moitié. Il nous paraît remarquable que 2600 Å marque un minimum d'absorption ultraviolette de ce corps, et corresponde à la longueur d'onde pour laquelle, d'après Victor Henri, l'absorption cesse d'être due au noyau benzénique. Il semble donc que le rendement quantique de la fluorescence ne soit pas nécessairement constant, mais varie seulement d'une manière discontinue.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les solutions tartro-alcalines de chrome.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

On a souvent étudié (³) l'activité optique de solutions contenant un tartrate alcalin, une base, et du chrome. La diversité et l'inconstance des courbes de dispersion rotatoire obtenues par les auteurs indiquent que ces solutions contiennent un mélange de composés. Comme on n'a pu en isoler aucun à l'état cristallisé, j'ai repris par des méthodes physico-chimiques l'étude du nombre, de la composition, de la stabillité et de la structure de ces corps dont il faut supposer l'existence.

Les solutions sont préparées, soit en dissolvant de l'hydroxyde de chrome dans des

(¹) Nichols et Merrit, *Phys. Rev.*, **31**, 1910, p. 381.

(²) Wawilow, *Zeit. für. Phys.*, **42**, 1927, p. 311.

(³) A. Cotton, *Ann. de Ch. et Physique*, 7ᵉ série, 8, 1896, p. 350; Mac Dowell, *Phys. Review.*, 20, 1905, p. 163; Olmstead, *Phys. Review.*, 35, 1912, p. 31; N. Wedeneewa, *Ann. der Physik*, 72, 1923, p. 122; W. Kuhn et A. Szabo, *Zeits. für Phys. Chemie*, **15**, 1931, p. 59.

solutions de tartrates alcalis, soit en réduisant un bichromate par un tartrate, soit en mélangeant un tartrate alcalin et une base alcaline à un sel chromique. Dans de tels mélanges, $Cr(OH)^3$ n'est précipitable ni par les alcalis, ni par H^2S. Le métal se dirige vers le pôle positif dans une électrolyse. Les solutions n'ont pas de propriétés colloïdales.

C'est l'activité optique, et surtout le dichroïsme circulaire, dont l'étude fournit les résultats les plus nets. Les solutions, qui ont toutes une teinte verte diversement nuancée, présentent l'effet Cotton vers le milieu du spectre visible.

Deux types très différents de dispersion de la rotation α et du dichroïsme circulaire δ indiquent dès l'abord la présence de deux constituants au moins [1]. Chez certaines solutions (type A), α est positif dans le bleu, négatif dans le rouge, δ est négatif dans la bande d'absorption; chez les autres (type B), α est négatif dans le bleu, positif dans le rouge, et δ est positif. Les valeurs de α et de δ sont, pour une même teneur en chrome, beaucoup plus considérables pour B que pour A. On peut montrer qu'il existe entre ces deux formes de dispersion un équilibre mobile sur lequel agissent plusieurs facteurs : le type B apparaît seulement pour les fortes valeurs du rapport $\frac{\text{molécules de tartrate}}{\text{atomes de chrome}}$; en solutions assez concentrées, et entre certaines limites de pH. Une variation convenable d'alcalinité, une destruction du tartrate en excès, ou une simple dilution ramènent l'activité optique du type B vers le type A. Le type B semble dû à un composé unique.

Un examen attentif montre que le type de dispersion A est dû à un mélange de deux formes actives. L'une d'elles est le chromitartrate de sodium $[TCr]Na^2$ déjà signalé [2]. L'autre prend naissance lorsqu'on ajoute au chromitartrate une petite quantité de tartrate de sodium.

En somme, si l'on étudie des solutions alcalines contenant, pour une même quantité assez forte de chrome, des proportions croissantes de tartrate de Na, les mesures d'activité optique et d'absorption lumineuse s'accordent pour indiquer l'existence : du chromitartrate; d'un ou de plusieurs composés intermédiaires I; enfin du composé B.

La recherche de la formule de ce dernier composé a été faite par la méthode des variations continues [3] appliquée au dichroïsme circulaire

---

(1) A. Cotton, *loc. cit.*

(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1017.

(3) P. Job, *Ann. de Chimie*, 10e série, **9**, 1928, p. 113.

de mélanges $Cr(NO^3)^3, xM + TNa^2, xM + NaOH, 3xM$. Cette étude est rendue possible par le fait expérimental que dans les mélanges équimoléculaires concentrés ($x > 0,8$), les courbes n'indiquent pas l'existence du composé I, qui apparaît nettement au contraire pour les faibles valeurs de x. Ces courbes présentent deux maxima, l'un pour $T/Cr = 0,50$ (chromitartrate), l'autre au voisinage de $T/Cr = 0,80$ (composé B) et qui varie avec x. En négligeant, en première approximation, la présence du composé I, il faut tenir compte de la réaction d'équilibre que l'on peut écrire, en symbolisant par T^nCr l'ion complexe du composé B :

$$TCr + (n-1)T \rightleftarrows T^nCr.$$

Le calcul [1] montre que la constante d'équilibre de cette réaction est $K = 6,5 \pm 1 \times 10^{-2}$, et que n a pour valeur probable 3. L'anion du composé B serait donc $[T^3Cr]$; sa stabilité est médiocre.

Il est actuellement difficile de préciser la structure de cet ion. Peut-être doit-on chercher l'explication de son activité optique énorme et de sa dispersion si différente de celle du composé $[TCr]Na^2$ dans le fait que le chrome intervient lui-même dans l'activité de l'ion complexe comme chez les cobaltioxalates. Une telle synthèse asymétrique partielle (qui serait due ici à la présence de tartrate actif) a déjà été signalée [2].

Quant au composé I, je n'ai pu trouver de propriété qui lui soit propre et permette ainsi de l'étudier dans les mélanges : on ignore donc encore et la grandeur de ses propriétés spécifiques et les proportions dans lesquelles il apparaît.

La considération des composés précédents et de leurs conditions d'existence explique tous les résultats obtenus par les auteurs cités.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation catalytique de composés organiques en vapeur.* Note [3] de M. **Gaston Charlot.**

La méthode d'investigation que j'ai employée pour l'étude de l'oxydation catalytique du toluène [4] peut être étendue avec quelques variantes à l'oxydation de nombreux autres corps organiques.

---

(1) P. Job, *loc. cit.*

(2) A. P. Smirnoff, *Helvetica Chimica Acta*, 3, 1920, p. 177; F. M. Jaeger, *Spatial Arrangement and Optical Activity*, Chap. IX, Mc. Graw Hill, 1930.

(3) Séance du 6 février 1933.

(4) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 374; *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 1007.

La rapidité de cette méthode permet d'éviter bien des causes de variations et de comparer aisément l'activité d'un catalyseur donné sur différents composés dans des conditions aussi identiques que possible.

Je l'ai appliquée aux substances suivantes : dérivés chlorés et nitrés du toluène, *o*-toluidine, *o*-crésol, *p*-cymène, cumène, mésitylène, éthylbenzène, diphénylméthane, benzène, naphtalène, alcool benzylique, acide benzoïque, alcool éthylique, heptane.

Des résultats obtenus nous pouvons déduire ce qui suit :

1° Il y a, en général, oxydation totale et oxydation partielle.

2° Chaque catalyseur a une action spécifique en ce sens que la combustion totale qu'il provoque est constante. J'entends par là que, pour un catalyseur déterminé, le volume du gaz carbonique, formé en un temps déterminé, à une température donnée, est sensiblement constant et indépendant, entre certaines limites, de la substance à oxyder, de la concentration de cette substance, et, dans une certaine mesure, du débit gazeux.

Les conditions expérimentales choisies étaient les suivantes : surface du catalyseur, 6^{cm^2}; épaisseur du catalyseur, 5^{mm}; débit, 30^{cm^3} par minute. La concentration de la substance dans l'air correspondait à une pression partielle d'environ 12^{cm} de mercure.

Les résultats rassemblés dans le tableau ci-après (p. 1226) sont exprimés en centimètres cubes de gaz carbonique formé par heure.

Certains résultats ne sont pas portés sur ce tableau, soit parce que la substance considérée, par exemple l'heptane à 300°, est oxydable par l'air sans catalyseur, soit parce qu'il s'est produit un empoisonnement du catalyseur (naphtaline, alcool benzylique).

On n'est maître de la température qu'à une dizaine de degrés près, par suite du dégagement de chaleur dû à la réaction.

En somme, pour la magnésie et l'acide molybdique, la combustion totale commence, avec toutes les substances essayées, aux environs de 350°, puis s'accentue plus rapidement pour la magnésie que pour l'acide molybdique.

Avec l'oxyde de nickel, l'oxydation totale commence dès 250° pour tous les composés essayés. La substance catalytique se modifie par la suite et son activité augmente; la seconde série de mesures à 250° indique cette nouvelle activité.

L'acide tungstique donne, dans tous les cas, une oxydation notable dès 350°.

Dans l'ensemble, nous nous croyons fondé à penser que cette règle n'est

pas accidentelle, que la combustion totale est constante pour un catalyseur donné comme si celui-ci mettait en jeu, pour la combustion totale, une quantité d'oxygène déterminée dans un temps donné.

	Toluène.	Diphényl-méthane.	Naphtaline.	Alcool éthylique.	Heptane.	Alcool benzylique.	Xylène.	Acide benzoïque.
MgO :								
350°	0	0	0	9	15	0	0	15
400°	90	54	30	45	39	75	90	90
450°	165	120		105			171	
NiO :								
250°	45	15	87	90	90	24	15	36
300°	165	195	120	–	–	90	54	168
350°	225	300	156	–			219	210
250°	174	90	252	185		114	144	159
MoO^3 :								
350°	6	0	9	8	–	10	18	0
400°	30	18	27	42	–	90	30	39
450°	75	63	63	60	–		66	
WO^3 :								
300°	0	0	0	0	0	0	0	0
350°	90	105	36	60	60	75	84	45
400°	150	210	90	165	90	144	144	126

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation directe de l'acétylène par l'air.* Note [1] de MM. **P. Mondain-Monval** et **Roger Wellard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans de précédentes Notes [2] l'un de nous a exposé les résultats obtenus dans l'oxydation directe par l'air des hydrocarbures saturés et, en particulier, a pu mettre en évidence la formation, à température relativement basse, de combinaisons instables appartenant à la famille des oxyméthyl-

---

(1) Séance du 3 avril 1933.

(2) Mondain-Monval et Quanquin, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 917 et 1194; **191**, 1930, p. 299, et *Annales de Chimie*, 10e série, **15**, 1931, p. 309.

alcoylperoxydes. Ces combinaisons très remarquables éprouvent par élévation de température une décomposition explosive qui peut provoquer l'inflammation spontanée vers 230° des mélanges gazeux d'hydrocarbures et d'air dans lesquels ces peroxydes ont pris naissance. Il nous a paru intéressant de chercher à percevoir la formation de semblables combinaisons au cours du chauffage de mélanges gazeux d'air et d'acétylène et de nous rendre compte de leur rôle dans les phénomènes d'oxydation lente qui précèdent leur inflammation spontanée.

Nous avons d'abord opéré en partant de mélanges gazeux d'air et d'acétylène à la pression atmosphérique. Ces mélanges, de proportions connues, étaient chauffés à volume constant dans une ampoule en verre d'Iéna de 250^{cm^3} de capacité reliée à un manomètre à mercure. L'ampoule était enfermée dans un four électrique à résistance dont un rhéostat permettait l'échauffement à différentes vitesses. Les températures étaient repérées par un couple et par un thermomètre. Pour chaque mélange, on traçait une courbe en portant en abscisses les températures et en ordonnées les pressions.

Les phénomènes observés sont très différents suivant les vitesses de chauffe.

Avec une vitesse élevée (40 degrés par minute, à la température de 300°), on obtient pour une gamme très étendue de concentrations (de 17 à 85 pour 100 d'acétylène en volumes), une inflammation spontanée accompagnée d'une violente explosion à des températures d'autant plus élevées que la teneur en air est elle-même plus considérable (moyenne : 310°). Pour un chauffage plus lent (25 degrés par minute, à la température de 300°), la zone d'inflammation spontanée est moins étendue (de 35 à 70 pour 100 d'acétylène). En dehors de cette zone, on observe sur les courbes (pressions, températures) l'apparition d'une baisse de pression accusant une diminution du nombre de molécules, à des températures de beaucoup inférieures à celle (470°) où se manifeste la polymérisation de l'acétylène. Ces températures de baisse de pression sont d'ailleurs celles auxquelles se produit l'explosion spontanée lorsque la vitesse de chauffe et la concentration du mélange s'y prêtent. Avec des chauffages lents (10° par minute, à 300°), il n'a pas été observé d'inflammation spontanée, quelle que soit la concentration du mélange étudié; mais seulement une baisse de pression, plus accentuée encore que celle précédemment signalée, à des températures (moyenne : 320°) d'autant plus élevées que la teneur en air est plus considérable. En outre, cette baisse de pression est accompagnée d'une émission de radiations lumineuses vertes, visibles seulement dans la plus profonde obscurité. Cette émission qui se prolonge pendant quelques minutes, débute avec la baisse de pression, se poursuit tant que cette baisse se manifeste et disparaît au moment où la pression commence à remonter. Si l'on interrompt le chauffage au moment de la luminescence et qu'on ouvre l'appareil, on trouve dans l'ampoule une goutte huileuse jaune brun, à réaction fortement oxydante sur l'iodure de potassium, colorant en violet intense le réactif de Schiff et que son aspect, son odeur très caractéristique et ses propriétés spéciales (action sur la potasse, décomposition par la chaleur) permettent de confondre avec les oxyméthylalcoylperoxydes rencontrés dans l'oxydation lente des carbures saturés.

Nous avons cherché à reproduire ces essais sous pression en opérant dans une bombe

en acier munie d'un manomètre métallique. Nous avons constaté, au préalable, dans notre appareil en verre, que les températures d'explosion et de baisse de pression n'étaient que faiblement influencées (3° à 4° en moins) par la présence de fer et de rouille. La température de polymérisation de l'acétylène est, au contraire, abaissée de 50°.

La pression totale initiale de nos mélanges était de 4kg. Pour chaque mélange, on traçait une courbe : pression, température. Les phénomènes observés sont tout à fait parallèles, à la pression près, à ceux que nous venons de décrire. Ils sont, en particulier, extrêmement influencés par la vitesse de chauffe. Si cette vitesse est lente, il n'y a jamais d'inflammation spontanée, quelle que soit la concentration du mélange. On constate seulement un ralentissement sensible dans la montée de pression sous l'influence de la température, indice certain d'une réaction chimique. En même temps, vers 220°, les gaz contiennent de l'anhydride carbonique et des aldéhydes très perceptibles au réactif de Schiff, mais il n'y a pas réaction avec l'iodure de potassium. Avec un chauffage rapide, au contraire (15 minutes de + 20° à + 220°), on observe, pour des mélanges contenant de 20 à 70 pour 100 d'acétylène, une explosion spontanée très violente à des températures décroissant de 235° à 214°. Il y a en même temps dépôt de noir de fumée extrêmement fin et production d'une quantité notable d'acide cyanhydrique. L'explosion est précédée de l'apparition d'anhydride carbonique et d'aldéhydes formique et acétique.

Il résulte de ces essais, qui présentent plusieurs points de contact avec des travaux antérieurs [1], que l'acétylène et l'air réagissent à des températures très inférieures à celle de la polymérisation de l'acétylène, cette réaction correspondant à une diminution du nombre des molécules en présence. Des peroxydes prennent naissance comme au cours de l'oxydation des hydrocarbures saturés. On a pu, soit les observer directement, soit constater leur fugitive existence par les produits de leur destruction et la luminescence qui l'accompagne. Ces faits, rapprochés de ceux que nous avons antérieurement observés avec les hydrocarbures saturés, nous amènent à attribuer à ces peroxydes, lorsque la vitesse de chauffe et la concentration de l'acétylène s'y prêtent, l'inflammation spontanée des mélanges détonants.

---

[1] Schläpfer et Bruner, *Helv. Chem. Acta*, 13, 1930, p. 1125; Kistiakowshy et Lenher, *Amer. chem. Soc.*, 52, 1930, p. 3785.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la question de l'existence des métalcétyles dans la série grasse.* Note ([1]) de MM. A. E. **Favorsky** et J. N. **Nazarow**, présentée par M. A. Béhal.

Les métalcétyles de la série grasse sont restés inconnus jusqu'à présent contrairement aux métalcétyles aromatiques, bien étudiés ([2]).

Nous avons étudié l'action du sodium sur l'hexaméthylacétone, la pentaméthylacétone et la pinacoline.

I. *Action du sodium sur l'hexaméthylacétone.* — La réaction se produit en deux phases en solution (éther), de même qu'en son absence

(I) $$\begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>CO + Na = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\overset{|}{C}-ONa;$$

(II) $$2\,\begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\underset{ONa}{\overset{}{C}}\ldots = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\underset{ONa}{C}-\underset{ONa}{C}\!\!<\begin{matrix}C(CH^3)^3\\C(CH^3)^3\end{matrix}.$$

La solution rouge foncée du métalcétyle (I) se décolore par exposition à l'air; la solution décolorée donne la réaction du perhydrol. L'association du métalcétyle en alcoolate de la pinacone (II) se produit en solution éthérée si on la laisse en repos pendant quelques jours. En décomposant par l'eau ses cristaux incolores, on obtient le tétrabutyltertiaire-éthylèneglycol.

$$\begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\underset{ONa}{C}-\underset{ONa}{C}\!\!<\begin{matrix}C(CH^3)^3\\C(CH^3)^3\end{matrix} + 2HOH = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\underset{OH}{C}-\underset{OH}{C}\!\!<\begin{matrix}C(CH^3)^3\\C(CH^3)^3\end{matrix} + 2NaOH.$$

Les deux tiers de la pinacone, aussitôt formés, se dédoublent en hexaméthylacétone et son alcool tétrabutyltertiaire-éthylèneglycol cristaux incolores ($F = 85$-$86°$, $Eb_{13} = 156°$), il se transforme sous l'action de l'acide sulfurique concentré froid en formant de la 1.1.1-triméthyl-3.3.3-butyltertiaire-acétone

$$\begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\underset{OH}{C}-\underset{OH}{C}\!\!<\begin{matrix}C(CH^3)^3\\C(CH^3)^3\end{matrix} \xrightarrow{H^2O} \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>C-CO-C(CH^3)^3,$$

([1]) Séance du 18 avril 1933.

([2]) Beckmann et Paul, *Ann. Chem.*, 1, 1891, p. 266; Schlenk, *D. ch. G.*, 44, 1911, p. 1182; 46, 1913, p. 2840.

liqueur d'odeur camphrée ($Eb_{20} = 135\text{-}136^\circ$, $d_{4^\circ}^{15^\circ} = 0{,}8838$; $n = 1{,}46343$. R. M. trouvée, 83,58; calculée, 84,93). Cette pinacoline se réduit en alcool correspondant et réagit avec le sodium métallique en donnant une coloration violette.

La réaction de la pentaméthylacétone avec le sodium se fait d'une manière analogue à celle de l'hexaméthylacétone.

II. *Action du sodium sur la pinacoline.* — Les résultats de cette réaction se sont montré d'un intérêt exceptionnel. Quoique la pinacoline possède une grande capacité d'énolisation (par exemple sous l'influence de l'amidure de sodium) l'action du sodium métallique (sans solvant dans un tube scellé) consiste pour la majeure partie en sa fixation sur l'oxygène du carbonyle

$$\text{(I)}\qquad \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>CO + Na = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\underset{\displaystyle ONa}{C}\ldots;$$

$$\text{(II)}\qquad 2\begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\underset{\displaystyle ONa}{C}\ldots = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\underset{\displaystyle ONa}{C} - \underset{\displaystyle ONa}{C}\!\!<\begin{matrix}C(CH^3)^3\\ CH^3\end{matrix}$$

On n'aperçoit pas de coloration et le métalcétyle ne peut pas exister à l'état libre. En décomposant l'alcoolate de la pinacoline-pinacone par l'eau on obtient un mélange des produits de la déshydratation de la pinacoline-pinacone, rendement 80 pour 100, qui bout à $90\text{-}107^\circ_{15}$. On a pu en isoler deux fractions : $Eb_{15} = 90\text{-}91^\circ$ et $Eb_{15} = 105\text{-}107^\circ$. Leur analyse, ainsi que celle des fractions intermédiaires, a montré qu'elles ont toutes la composition élémentaire et le poids moléculaire de la formule $C^{12}H^{24}O$. L'élimination d'une molécule d'eau de la pinacoline-pinacone peut produire les quatre composés suivants :

$$\text{(I)}\quad \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>C-CO-C(CH^3)^3 \;\leftarrow\; \begin{matrix} & OH & \\ & | & \\ (CH^3)^3C- & C & -CH^3\\ & | & \\ (CH^3)^3C- & C & -CH^3\\ & | & \\ & OH & \end{matrix} \;\rightarrow\; \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ (CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>C-CO-CH^3\quad \text{(II)}$$

$$\text{(III)}\quad \begin{matrix} & OH & \\ & | & \\ (CH^3)^3C- & C & -CH^3\\ & | & \\ (CH^3)^3C- & C & =CH^2\end{matrix} \;\swarrow\qquad\qquad \searrow\; \begin{matrix}(CH^3)^3C-C-CH^3\\ |\!>O\\ (CH^3)^3C-C-CH^3\end{matrix}\quad \text{(IV)}$$

Deux d'entre eux ont été isolés :

1° 2.3-dibutyltertiairebutène-(1)-*o.l*-(3) (III). C'est une liqueur peu mobile d'une odeur camphrée ($Eb_{15} = 105\text{-}107^\circ$; $d_4^{15} = 0{,}8475$; $n = 1{,}45095$; R. M. trouvée 59,082; calculée 58,372). La déshydratation de cet alcool

par l'acide oxalique anhydre donne un hydrocarbure ayant la structure d'un 2.3-dibutyltertiairebutadiène, liqueur mobile ($Éb_{760} = 168-170°$; $d_4^{15} = 0,7754$; $n = 1,43648$; R. M. trouvée 56,029; calculée 56,352). L'existence des doubles liaisons conjuguées peut être facilement prouvée par la condensation de l'hydrocarbure avec l'anhydride maléique :

$$\begin{matrix} & CH^2 & & & CH^2 & \\ (CH^3)^3C-C\diagup\!\!\diagup & & CH-CO\diagdown & & (CH^3)^3C-C\diagup \quad \diagdown CH-CO\diagdown & \\ | & & +\| \quad\quad >O & = & \| \quad\quad\quad | \quad\quad >O & \\ (CH^3)^3C-C\diagdown\!\!\diagdown & & CH-CO\diagup & & (CH^3)^3C-C\diagdown \quad \diagup CH-CO\diagup & \\ & CH^2 & & & CH^2 & \end{matrix}$$

L'anhydride 2.3-dibutyltertiairetétrahydrophtalique, provenant de cette condensation, forme des cristaux incolores. F. 128-129°.

2° Le 2.2.4-triméthyl-4-butyltertiairepentanone (3) (I) est une liqueur mobile incolore d'une légère odeur camphrée. $Eb_{760} = 200-202°$; $d_4^{15} = 0,8434$; $n = 1,44222$; R.M. trouvée 58,377, calculée 57,353. L'alcool correspondant, le 2.2.4-triméthyl-4-butyltertiairepentanol (3) est une liqueur épaisse incolore, ayant une odeur camphrée plus pénétrante. $Éb_{15} = 99°$; $d_4^{15} = 0,8481$. Il forme un produit benzoylé cristallin, F. 48-49°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation de quelques alcools tertiaires par le sulfate de cuivre anhydre.* Note de MM. **André Meyer** et **Marcel Tuot**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons étudié, dans une Note présentée au *XIe Congrès de Chimie industrielle* (vol. 27, n° 3 *bis*, p. 299-305), les huiles neutres de goudrons primaires des *Mines Domaniales Françaises de la Sarre*. Ce travail, fait avec le concours du Ministère de l'Air, a montré la nécessité de réviser les méthodes analytiques usuelles, qui ne sont pas applicables à des mélanges de carbures tels que ceux existant dans les goudrons primaires.

Nous avons alors entrepris l'étude de quelques carbures éthyléniques de C^8 à C^{11}, en vue de rechercher, sur des mélanges synthétiques, de nouvelles méthodes analytiques pouvant s'appliquer aux goudrons primaires. La présente Note décrit la préparation de 8 carbures éthyléniques nouveaux, par déshydratation, au moyen du sulfate de cuivre anhydre, des alcools tertiaires correspondants. Nous avons préparé à cet effet les alcools tertiaires suivants, dont les trois derniers sont nouveaux.

1° *Diméthyl-2.4-hexanol-4*, $C^8H^{18}O$, bromure d'éthylmagnésium sur méthylisobutylcétone (Clarke, Konowalow, Bodroux et Taboury) et bromure d'isobutylmagnésium sur méthyléthylcétone :

$E_{15mm} = 59^\circ$ — ; $d_{20}^{20} = 0,8243$; $n_D^{20} = 1,4266$; $RM = 40,46$;
$\gamma_{20} = 27,55$; *Parachore* $P = 361,60$; $\eta_{20} = 4666.10^{-5}$.

2° *Diméthyl-2.5-hexanol-2*, $C^8H^{18}O$, bromure d'isoamylmagnésium sur acétone (Grignard, Dupont) :

$E_{32mm} = 76^\circ$; $d_{20}^{20} = 0,8120$; $n_D^{20} = 1,4214$; $RM = 40,63$;
$\gamma_{20} = 26,90$; $P = 364,90$; $\eta_{20} = 6027.10^{-5}$.

3° *Diméthyl-2.4-heptanol-4*, $C^9H^{20}O$, bromure de propylmagnésium sur méthylisobutylcétone (Bodroux et Taboury) :

$E_{19mm} = 75^\circ$ — ; $d_{20}^{20} = 0,8230$; $n_D^{20} = 1,4292$; $RM = 45,13$;
$\gamma_{20} = 27,00$; $P = 399,2$; $\eta_{20} = 6684.10^{-5}$.

4° *Diméthyl-2.5-heptanol-5*, $C^9H^{20}O$, bromure d'isoamylmagnésium sur méthyléthylcétone (Konowalow) :

$E_{20mm} = 85^\circ$; $d_{20}^{20} = 0,8264$; $n_D^{20} = 1,4308$; $RM = 45,08$;
$\gamma_{20} = 27,20$; $P = 398,30$; $\eta_{20} = 9879.10^{-5}$.

5° *Triméthyl-2.4.6-heptanol-4*, $C^{10}H^{22}O$, bromure d'isobutylmagnésium sur méthylisobutylcétone (Bodroux et Taboury) :

$E_{19mm} = 81^\circ$; $d_{20}^{20} = 0,8200$; $n_D^{20} = 1,4312$; $RM = 49,90$;
$\gamma_{20} = 27,60$; $P = 442$; $\eta_{20} = 4626.10^{-5}$.

6° *Triméthyl-2.3.5-hexanol-3*, $C^9H^{20}O$, bromure d'isopropylmagnésium sur méthylisobutylcétone :

$E_{21mm} = 72^\circ$; $d_{20}^{20} = 0,8271$; $n_D^{20} = 1,4321$; $RM = 45,25$;
$\gamma_{20} = 28,13$; $P = 401,30$; $\eta_{20} = 3617.10^{-5}$.

7° *Diméthyl-2.4-octanol-4*, $C^{10}H^{22}O$, bromure de butylmagnésium sur méthylisobutylcétone :

$E_{27mm} = 97^\circ$; $d_{20}^{20} = 0,8253$; $n_D^{20} = 1,4338$; $RM = 49,84$;
$\gamma_{20} = 27,40$; $P = 438,8$; $\eta_{20} = 9439.10^{-5}$.

8° *Triméthyl-2.4.7-octanol-4*, $C^{11}H^{24}O$, bromure d'isoamylmagnésium sur méthylisobutylcétone :

$E_{17mm} = 100^\circ$; $d_{20}^{20} = 0,8250$; $n_D^{20} = 1,4359$; $RM = 54,50$;
$\gamma_{20} = 27,0$; $P = 475,7$; $\eta_{20} = 12163.10^{-5}$.

En même temps que les dérivés triméthylés, il se forme le *triméthyl-2.4.8-nonénol-4.6* et la *triméthyl-2.4.8-nonénone-4.6*, provenant de la condensation de la méthylisobutylcétone.

Déshydratation. — Ces alcools tertiaires possèdent une résistance notable à la déshydratation. Les agents de déshydratation habituels : bisulfate de potassium, acide oxalique, acide sulfurique, chlorure de zinc, sulfate d'aluminium, etc., présentent divers inconvénients. En général, les catalyseurs acides provoquent la formation de goudrons, d'acides organiques, et autres produits, nuisant ainsi aux rendements et à la pureté des carbures. De plus, la déshydratation, pour être complète, nécessite plusieurs passages sur les réactifs et il se produit fréquemment des isomérisations ou transpositions.

Nous avons trouvé dans le sulfate de cuivre anhydre, que nous employons depuis plus d'un an, un excellent agent de déshydratation qui présente l'avantage de ne provoquer aucune isomérisation, tout en donnant de très bons rendements en hydrocarbures éthyléniques purs.

L'étude du phénomène a été faite en chauffant à reflux divers alcools avec des quantités variables de SO^4Cu pendant des temps et à des températures variables. La température favorable se trouve entre 180° et 210° : au-dessus, le sulfate de cuivre commence à se décomposer; au-dessous, la réaction est trop lente. L'opération peut d'ailleurs être rendue continue : on introduit dans un petit ballon Pyrex environ 15^g de SO^4Cu anhydre mélangé d'un peu de ponce; le ballon est surmonté d'une petite colonne Vigreux reliée à un réfrigérant descendant. Le carbinol à déshydrater est introduit au moyen d'une ampoule à brome. On chauffe, suivant le cas, entre 185° et 205°, au bain d'huile, et l'on fait couler l'alcool goutte à goutte. L'hydrocarbure et l'eau passent à la distillation, le sulfate de cuivre jouant alors le rôle d'un véritable catalyseur. Dans certains cas, il est nécessaire d'opérer sous pression réduite, de manière à assurer la distillation du carbure à la température maxima de chauffage du bain d'huile.

On a préparé ainsi les carbures nouveaux suivants :

Diméthyl-2.4-heptène-4, *diméthyl-2.5-hexène-2*, *diméthyl-2.4-heptène-4*, *diméthyl-2.5-heptène-4*, *triméthyl-2.3.5-hexène-2*, *diméthyl-2.4-octène-4*, *triméthyl-2.4.6-heptène-3*, *triméthyl-2.4.7-octène-4* [1].

---

[1] Le *Service des Recherches de l'Aéronautique* a accordé un concours matériel à nos travaux.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Orientation de l'arsénolite et de la sénarmontite par le mica.* Note [1] de M. **Raymond Hocart**, transmise par M. Pierre Weiss.

Si l'on sublime dans une fente de clivage de mica un fragment d'arsénolite ou de sénarmontite, on obtient de petits octaèdres réguliers, limpides, à bords nets, isotropes dans le cas de l'arsénolite, biréfringents dans le cas de la sénarmontite (la structure optique est celle de la sénarmontite); ces cristaux sont orientés par le mica.

Les octaèdres, dont une face $a^1(111)$ est en contact avec le plan $p(001)$ du mica, sont répartis entre quatre orientations symétriques deux à deux par rapport à la trace du plan $g^1(010)$ du mica et deux à deux par une rotation de 180° autour de la normale au plan $p(001)$ du mica; l'un des côtés des triangles équilatéraux fait un angle de 11° avec la trace de $g^1(010)$.

En effet les deux plus petites mailles planes quasi identiques [2] qui appartiennent l'une au plan $a^1(111)$ des cristaux orientés, l'autre au plan $p(001)$ de leur support, sont pour les premiers une maille sénaire, pour le mica une maille pseudo-sénaire très approchée.

Côté du losange :

$$Sb^4O^6 = 13{,}64\,\text{Å};\quad As^4O^6 = 13{,}54\,\text{Å};\quad \text{Mica} = 13{,}67\,\text{Å}.$$

Ordre de multiplicité de la maille plane (rapport des aires) :

$$Sb^4O^6 = 3,\qquad As^4O^6 = 3.\qquad \text{Mica} = 7.$$

Dans le plan $a^1(111)$ du cristal orienté, la maille sénaire est définie par les rangées $[11\bar{2}]$ $[1\bar{2}1]$ $[\bar{2}11]$ qui coïncident en direction avec les trois hauteurs du triangle [les paramètres absolus de ces deux espèces ont été déterminés par Bozorth [3] :

$$As^4O^6 : a = [100] = [010] = [001] = 11{,}06\,\text{Å};\qquad Sb^4O^6 : a = 11{,}14\,\text{Å}].$$

Dans le plan $p(001)$ du mica les rangées $[510]$ $[130]$ $[\bar{2}\bar{1}0]$ et leurs symétriques par rapport à $g^1(010)$: $[5\bar{1}0]$ $[1\bar{3}0]$ $[\bar{2}10]$ définissent six

---

(1) Séance du 18 avril 1933.

(2) L. Royer, *Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 7-159.

(3) R. Bozorth, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 1621

orientations d'une maille plane pseudo-sénaire de côté égal à 13,67 Å : mais ces six orientations, symétriques deux à deux par rapport à g^1 (010) et trois à trois par une rotation de 120° autour de la normale au plan p (001) ne déterminent que quatre orientations des triangles équilatéraux en lesquels on peut décomposer le rhombe ; ce sont celles que l'on observe dans l'accolement qui vient d'être décrit.

L'exemple de la sénarmontite et de l'arsénolite est peut-être le premier (¹) qui soit relatif à l'orientation d'un réseau de molécules par le mica.

GÉOLOGIE. — *Formation continentale sous-jacente aux Calcaires du Niari (Congo français).* Note de M. **H. Lagotala**, présentée par M. L. Cayeux.

Les divers auteurs considèrent que les conglomérats qui supportent les assises des calcaires du Niari (schisto-calcaires) sont d'origine glaciaire et qu'ils constituent la base des schisto-calcaires. L'analyse des descriptions détaillées de Cornet, Delhaye et Sluys, Duparc et Amstutz, Ghitulescu, Couchet, Babet, l'étude des échantillons provenant de la bordure du massif du Chaillu et de la rive gauche du fleuve Congo, nous permettent de préciser ce problème.

Les formations conglomératiques possèdent un ciment schisteux, argileux, argilo-gréseux, argilo-calcaire, ou gréseux riche en grains de quartz roulés, subanguleux ou anguleux. Les galets, le plus souvent noyés, pêle-mêle, dans le ciment, sont de nature variée. On y reconnaît des granites, des gneiss, des diabases, des quartzites, des arkoses, des grès, des calcaires, etc. (²); leur volume varie d'une fraction de millimètre cube au tiers de mètre cube. Parfois des bancs d'arkoses ou des schistes dépourvus de galets s'intercalent dans cette formation, qui peut atteindre 200ᵐ de puissance, mais aussi parfois 1ᵐ. Ces variations d'épaisseur sont brusques.

Dans la région de la Lufu, ce conglomérat est un véritable poudingue (Cornet), mais en général les éléments sont subanguleux ou anguleux et voisinent avec d'autres éléments bien roulés. Il semble que dans la région du massif du Chaillu le faciès soit plus gréseux, passant même à un grès conglomératique.

Delhaye et Sluys ont montré que ce conglomérat reposait en discor-

---

(¹) L. Royer, *op. cit.*, p. 119-120, et *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 282.

(²) Nous y avons trouvé un morceau de calcaire oolithique ; or jusqu'à ce jour on n'a pas trouvé de faciès oolithique dans les formations sous-jacentes au conglomérat.

dance sur le système « métamorphique » (quartzito-schisteux). Au-dessus du conglomérat se trouvent des dolomies roses et grises dont l'épaisseur, 10 à 12^m, est remarquablement constante sur un grand territoire.

L'ensemble des caractères de la formation conglomératique démontre son origine glaciaire. La tendance est de le considérer comme résultant d'un dépôt glacio-lacustre ou glacio-marin. Nous croyons que cette interprétation ne se justifie pas. En effet, le conglomérat offre une surface supérieure régulière, comme en témoigne la constance d'épaisseur de la couche dolomitique qui le recouvre. Les variations d'épaisseur du conglomérat trahissent l'irrégularité de la surface inférieure, par conséquent du soubassement sur lequel s'est effectué le dépôt. La présence de galets roulés indiquant un remaniement des matériaux morainiques, et l'absence presque totale de stratification, surtout dans la zone du fleuve Congo, semblent démontrer le peu de probabilité d'un dépôt effectué sous l'eau, ce qui semble encore confirmé par la nature irrégulière du soubassement sur lequel s'effectua le dépôt de cette formation.

Nous avons comparé nos échantillons avec des morceaux de moraines de fond (quaternaire) du glacier du Rhône, et nous avons constaté l'identité presque parfaite de faciès entre ces deux formations. Les divers faciès rencontrés dans les formations conglomératiques du Congo correspondent aux divers aspects des dépôts morainiques quaternaires : moraine de fond, moraine relavée, transition au fluvio-glaciaire. La surface irrégulière sur laquelle ces conglomérats se sont déposés représente l'ancien relief continental dont les parties basses furent comblées par le complexe des matériaux morainiques qui finirent par recouvrir tout un vaste territoire. Nous pouvons admettre que les faciès généralement plus gréseux de la zone bordure du massif du Chaillu correspondent à des parties plus remaniées de ces dépôts glaciaires, et à un matériel d'origine plus gréseux.

L'effondrement de cet ancien relief détermina une transgression rapide et la sédimentation de dolomies, que nous considérerons jusqu'à nouvel avis comme horizon de base des calcaires du Niari. Nous proposons donc de considérer les formations conglomératiques étudiées ici comme une formation continentale d'origine glaciaire et partiellement fluvio-glaciaire. Dans ce cas la classification stratigraphique doit s'établir comme suit de haut en bas :

Calcaires du Niari
discordance
Tillites du Bas-Congo
discordance
Schisto-quartzeux

GÉOLOGIE. — *Données nouvelles sur la géologie du Sahara occidental.* Note de M. N. **Menchikoff**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au mois de janvier dernier, j'ai eu l'occasion de traverser la région d'Aftoute et d'atteindre le point d'eau de Chenachane.

Le Reg Aftoute, qui forme, au point de vue géologique, le prolongement oriental du bombement anticlinal des Eglab, fait apparaître, sur une largeur d'environ 150^{km}, le socle cristallin, constitué ici par un granite calco-alcalin à biotite. Ce socle granitique, recouvert d'arènes sur de grandes surfaces, est traversé par de nombreux filons de microgranites et surtout de rhyolites. Celles-ci y sont abondantes et forment en outre des coulées. En particulier, le Kahal Morra, massif montagneux au Nord de Chenachane, est presque entièrement rhyolitique.

Abstraction faite des lambeaux de « terrain des hammadas », d'âge indéterminé, et des formations récentes, les terrains cristallins d'Aftoute sont accompagnés, tant au Nord qu'au Sud, par une bordure de couches primaires.

Au Nord, dans le Menakeb, entre les gisements dévoniens de Bou-Bernous décrits dans une Note précédente (¹) et un banc de grès quartziteux qu'on trouve immédiatement au-dessus des rhyolites, à 30^{km} au Sud de Bou-Bernous, je ne puis signaler qu'une bande de grès de quelques dizaines de mètres de puissance. La position de ces grès, ainsi que leur faciès me font les rattacher aux grès ordoviciens d'Ougarta. Toute cette bordure plonge régulièrement de quelques degrés vers le Nord-Est.

De l'autre côté du bombement anticlinal des Eglab, c'est-à-dire à la lisière sud de la zone cristalline le long de l'Oued Chenachane, j'ai pu relever de bas en haut la coupe suivante :

1° 15^m de grès lités, qui débutent au-dessus des granites ou des rhyolites par un niveau d'arkose ;

2° Une centaine de mètres de dolomie massive, grise, à patine rousse ;

3° 3 à 5^m de grès lités, avec des niveaux verts quartziteux ;

4° 10 à 20^{cm} d'un conglomérat formé de galets aplatis de grès dur, quartziteux ;

5° 150^m au moins de grès, souvent grossiers et à stratification entre-croisée. Quelques filons-couches de dolérite s'intercalent au milieu de ces grès.

Tout cet ensemble plonge régulièrement de 5° à 7° vers le Sud.

Dans cette coupe du Primaire de Chenachane se distinguent nettement

---

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1038.

deux parties : une série inférieure, essentiellement dolomitique (de 1° à 3°) et une série supérieure, gréseuse, séparée de la précédente par un conglomérat (4° à 5°).

Si donc on attribue à l'Ordovicien la série gréseuse supérieure au conglomérat, on est amené à considérer comme cambrienne la série dolomitique inférieure.

D'autres faits militent en faveur de cette hypothèse.

1° Les grandes masses dolomitiques de l'Anti-Atlas, tout à fait semblables aux dolomies de Chenachane et en même situation stratigraphique, sont nettement cambriennes.

2° Les dolomies de Chenachane renferment des restes d'organismes (groupe des *Stromatoliti* dans *Spongiostromata* de J. Pia, que cet auteur rapproche des Algues Schisophycées ([1]). Les uns en forme de troncs sont voisins des *Collenia*? *prolifica* Walcott du Cambrien supérieur des Montagnes Rocheuses ([2]); les autres sont semblables aux « organismes A et C » et aux « récifs en coupole » découverts il y a quelques années par M. A. Bigot dans le Cambrien de Carteret en Normandie ([3]).

Quelques échantillons, provenant de Chegga et d'El-Kseib à près de 200^{km} au Sud-Est de Chenachane et qui m'ont été rapportés par des méharistes, montrent bien dans la première falaise du Hank la présence des mêmes dolomies avec les mêmes organismes voisins des *Collenia*.

De plus, des organismes identiques, considérés comme « accidents minéralogiques » par R. Chudeau ([4]), sont connus à un millier de kilomètres plus au Sud-Ouest, dans les environs immédiats d'Atar en Mauritanie, où ils se trouvent, ainsi qu'à Chegga et à Chenachane, dans des couches dolomitiques, vers la base de la couverture sédimentaire paléozoïque.

Il y aurait donc, en écharpe à travers tout le Sahara occidental, sur plus de 1200^{km} sur le flanc sud-est de la « dorsale cristalline » ([5]), c'est-à-dire de l'axe Eglab-Karet-Yetty, une étroite bande d'affleurements, présumés cambriens, qui correspondent à la première falaise du Hank et à la base de l'escarpement de l'Adrar en Mauritanie.

([1]) *In* Max Hirmer, *Handbuch der Paläobotanique*, 1, 1927, p. 37, fig. 23.

([2]) Ch. D. Walcoot, *Smiths. Misc. Coll.*, 75, n° 5, 1928, p. 294, pl. 56 et 57, fig. 28.

([3]) A. Bigot, *Bull. Soc. Linn. Norm.*, 7e série, 8, 1926, p. 130, pl. IV à VIII; 8e série, 2, 1929, p. 68, pl. V.

([4]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 11, 1911, p. 426, note infrapaginale. M. Hubert, puis M. Malavoy m'ont dit avoir pensé à l'origine organique de ces troncs d'Atar.

([5]) Je dois ce terme à M. Conrad Kilian.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la prétendue existence de centrosomes et d'asters chez les végétaux supérieurs.* Note (¹) de M. **André Eichhorn**, présentée par M. L. Mangin

L'existence de centrosomes et d'asters est depuis longtemps démontrée chez les Végétaux inférieurs : Algues brunes, Ascomycètes supérieurs, par exemple, mais, jusqu'ici, tous les travaux entrepris en vue de prouver leur présence chez les Angiospermes ont échoué. Récemment, toutefois, cette question a été reprise dans une étude poursuivie sur les *Lonicera* et son auteur a cru pouvoir apporter la preuve de la participation de centrosomes et d'asters à l'évolution des cinèses somatiques et réductrices (²). A la suite de ce travail, nous avons entrepris un examen caryologique des mêmes végétaux, mais il ne nous a pas été possible de confirmer cette découverte.

Nous nous sommes adressé, en premier lieu, au *Lonicera alpigena*, que nous envisagerons seul ici, et nous avons fait l'étude de la mitose somatique et de la méiose en utilisant des fixateurs employés par l'auteur : Boin, Nawaschin auxquels nous avons ajouté les liquides de Helly et de Benda. Avec le Helly et le Benda, le cytoplasma est parfaitement fixé, tandis que le chondriome, comme aussi le système vacuolaire, n'est qu'imparfaitement respecté par le liquide de Bouin, sous l'action duquel les mitochondries, particulièrement, prennent un aspect vésiculisé, le chondriome disparaissant sous l'action du fixateur de Nawaschin qui ne conserve que les précipités vacuolaires en nombre restreint. L'examen des préparations, après fixation au Helly, est rendu difficile du fait de l'existence d'un chondriome abondant à côté de précipités vacuolaires en nombre considérable et de toutes tailles. Ces diverses formations entourent le noyau dans la cellule au repos et il n'est pas possible de discerner s'il existe ou non, au contact de celui-ci, un centrosome. Les figures mitotiques, qu'il s'agisse de la mitose somatique ou de la mitose réductrice, sont le plus souvent environnées de précipités vacuolaires et de mitochondries dont la présence rend malaisée la recherche des centrosomes. Seule l'aire fusoriale, qui n'a d'ailleurs aucune apparence fibrillaire, est dépourvue de tout élément cytoplasmique figuré.

Sur la quantité de préparations observées, nous avons, naturellement, rencontré d'assez nombreux cas où la lecture des images pouvait être faite

(¹) Séance du 10 avril 1933.

(²) Y.-A. Feng, *Le Botaniste*, 24, 1933, p. 335-352.

avec une parfaite netteté, il s'agit spécialement de métaphases et d'anaphases. A ces stades, les quelques précipités vacuolaires situés aux extrémités de l'aire fusoriale ne peuvent masquer la présence éventuelle des centrosomes et surtout des fibrilles astériales et, cependant, malgré la plus grande attention, il ne nous a jamais été possible de déceler de telles formations.

Dans les préparations faites en utilisant les liquides de Bouin ou de Nawaschin, où tant le chondriome que la plus grande partie des précipités vacuolaires sont détruits, l'examen du noyau quiescent, comme des diverses étapes de la mitose, est des plus simples. De place en place, au pourtour de la membrane nucléaire, qu'il s'agisse d'un noyau au repos ou en prophase dans le cas des mitoses somatiques, ou en synapsis pour les mitoses réductrices, on trouve des précipités vacuolaires de taille variable. Aux stades suivants il apparaît bien un fuseau, ceci à n'en pas douter sous l'action du fixateur ainsi que nous l'avons démontré ailleurs déjà [1] et comme le confirment les préparations obtenues après fixation au Helly qui n'en comportent pas. Les images de métaphase, dans les cellules mères du pollen, sont particulièrement typiques à cet égard. Or, à ce stade, comme aussi aux suivants, on rencontre bien quelques précipités autour de la figure mitotique et, parfois, aux pôles du fuseau, mais rien qui puisse se rappeler un centrosome. Le cytoplasma lui-même, bien que mal fixé, ne prend pas, aux environs des pôles, l'aspect de fibrilles astériales et nous sommes fondé, croyons-nous, à nier l'existence de ces fibrilles chez le *Lonicera* [2].

En résumé, la présence de centrosomes peut être difficilement démontrée dans la cellule au repos, en raison de l'existence, autour de la membrane nucléaire, d'un nombre plus ou moins élevé de précipités vacuolaires et de mitochondries. Cette difficulté peut être tournée en utilisant divers fixateurs qui ne conservent qu'un nombre restreint de ces précipités. Même alors, aucun centrosome n'est visible. A la métaphase, à l'anaphase et à la télophase on rencontre, parfois, aux extrémités du fuseau que l'on peut considérer, d'ailleurs, sous sa forme fibrillaire, comme un artifice de préparation, un ou deux précipités vacuolaires, tout centrosome faisant défaut. A ces stades, on ne saurait admettre qu'il puisse y avoir confusion entre ces deux sortes d'éléments, puisque les fibrilles astériales qui permettraient de

---

(1) *Arch. Bot.*, 5, Mém. n° 1, 1931, p. 1-100.

(2) On sait, d'ailleurs, que l'apparence des asters, chez les animaux, varie avec les conditions de fixation : pH, température, teneur en acides, durée d'action, etc. Cf. H. J. Fry, *Biol. Bull.*, 63, 1932, p. 149-186.

démontrer que le granule ou l'un de ceux-ci quand il s'en trouve plusieurs, est le véritable centrosome et qui seraient à tout prendre le meilleur criterium, ne se rencontrent jamais, quel que soit le liquide fixateur employé.

Les centrosomes décrits par Feng chez le *Lonicera* doivent être considérés, par conséquent, comme de simples précipités vacuolaires normaux. Des observations poursuivies sur d'autres espèces de *Lonicera* démontrent, d'ailleurs, de la manière la plus nette, l'absence de centrosomes et d'asters chez ces végétaux.

BOTANIQUE. — *Sur le développement des octants dans l'embryon des Fougères leptosporangiées.* Note de M. **Vladesco**, présentée par M. Molliard.

Nous avons montré [1] que les premières divisions de l'embryon des Fougères leptosporangiées, aboutissant à la formation des octants, ne peuvent justifier, par l'ordre de la succession, la signification que la plupart des auteurs leur attribuent dans le déterminisme embryonnaire.

Les descriptions que donnent les auteurs du développement ultérieur des octants sont contradictoires sur certains points et manquent de précision sur d'autres. Il nous a paru utile de reprendre l'étude de cette question dont l'intérêt se trouve accru à la suite des recherches et des interprétations récentes.

Nous avons donc suivi ce développement et en particulier la différenciation et le fonctionnement des cellules initiales des premiers organes chez plusieurs espèces.

Au stade octocellulaire l'embryon présente une uniformité remarquable, chacun des hémisphères primitifs ayant deux octants supérieurs placés du côté du prothalle et deux inférieurs situés vers le col de l'archégone.

Nos observations contredisent l'assertion classique [2] suivant laquelle chaque octant fonctionnerait primitivement comme cellule apicale définie, alors que plus tard une seule cellule persisterait comme initiale dans chacun des quadrants donnant respectivement le cotylédon, la tige, la racine et le pied.

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1415.

[2] Campbell, *Mosses an Ferns*, 1913, p. 321.

Chez *Gymnogramme sulphurea*, chacun des deux octants *antéro-inférieurs* prend successivement trois cloisons, dont les lignes d'insertion à la surface de l'embryon sont respectivement parallèles à la paroi basale pour la première, à la paroi médiane pour la deuxième, à la paroi transverse pour la troisième; leur ligne d'insertion interne se dirige obliquement en se rapprochant du centre de l'embryon. Ensuite, ces deux octants poursuivent uu développement symétrique par rapport au plan médian et produisent à titre égal la première feuille. A aucun stade, on ne constate une prédominance de l'un de ces octants, ni la formation d'une initiale typique correspondant à l'ensemble du quadrant antéro-inférieur.

Les deux octants *antéro-supérieurs*, attribués par les auteurs soit tous deux à la tige, soit respectivement à la tige et à la deuxième feuille, subissent d'abord des cloisonnements symétriques par rapport au plan médian, mais dont la succession n'est pas la même que dans les octants antéro-inférieurs. Alors que la première paroi présente la même orientation que dans ces derniers, la deuxième est à peu près parallèle au plan transverse et la troisième disposée presque parallèlement à la première. Après ces premiers cloisonnements, on distingue deux cellules (une dans chaque octant) en forme de pyramide triangulaire renversée et présentant une paroi commune qui correspond à la paroi médiane. La structure du cytoplasme de l'une de ces deux cellules permet de la considérer comme initiale du point végétatif de la tige (qu'il conviendrait mieux d'appeler point végétatif du sporophyte), ce qui est confirmé par son fonctionnement ultérieur. Jusqu'à un stade relativement avancé, cette initiale ne prend aucune cloison parallèle à la paroi médiane contre laquelle elle reste appliquée. C'est seulement lorsque la première feuille et la première racine sont sur le point de traverser l'enveloppe archégoniale qu'une cloison ayant cette orientation apparaît et que la cellule se définit, par son cloisonnement sur trois faces, comme initiale typique.

Le développement de la deuxième feuille s'effectue à partir de l'octant voisin sans qu'on puisse préciser la position primitive de son initiale définitive.

Il est important de noter que les deux octants antéro-supérieurs contribuent aussi par une partie de leurs éléments à la constitution de l'organe suctorial appelé pied, comme l'a reconnu Hofmeister pour *Pteris aquilina*.

Les deux octants *postéro-supérieurs* qui subissent des divisions moins régulières, entrent totalement dans la constitution du pied à laquelle contribue, comme nous venons de l'indiquer, une partie des deux octants antéro-supérieurs. Le pied a par conséquent une origine mixte.

L'initiale de la première racine apparaît conformément aux descriptions classiques dans l'un des octants *postéro-inférieurs*.

Le développement est sensiblement le même chez *Aspidium Filix-mas*, *Athyrium Filix-fœmina* et *Dryopteris parasitica*.

Chez *Scolopendrium vulgare* l'orientation de la première paroi apparaissant dans chaque octant de l'hémisphère épibasal sépare deux cellules en contact, l'une et l'autre, avec la paroi basale et par conséquent ne détermine pas un disque (*Epibasalglied* de Vouk) et une calotte.

Dans certaines espèces citées plus haut, une remarque analogue peut être faite en ce qui concerne l'hémisphère hypobasal.

Il résulte de nos observations que :

1° Les cellules octantes ne peuvent être considérées comme des cellules apicales se divisant par des cloisons successives parallèles aux trois divisions primitives de l'embryon.

2° La première feuille tire son origine du développement égal des deux octants antéro-inférieurs.

3° Dans l'un des deux octants antéro-supérieurs une cellule initiale typique définit le pôle supérieur de l'embryon.

4° Le pied ne résulte pas uniquement des deux octants postéro-supérieurs, une partie des deux octants antéro-supérieurs participant à sa constitution.

5° Dans toutes les espèces étudiées, les régions correspondant aux octants primitifs sont distinctes même à un stade avancé.

6° La formation d'un disque et d'une calotte dans chaque hémisphère n'est pas un fait général.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de la teneur en azote chez le Lilas au cours du forçage*. Note de M. R. **Quetel**, présentée par M. Molliard.

R. Combes (¹) note que l'éthérisation, tentée par lui sur le Hêtre, n'a exercé aucune influence sur l'éclosion des bourgeons de cette plante, non plus que sur les variations de son métabolisme azoté. Quels sont, à ces deux points de vue, les effets successifs de l'éther et de la chaleur humide sur les espèces susceptibles d'être forcées ? Telle est la question qui fait l'objet de la présente Note.

Les plantes en expérience des Lilas greffés ont été traitées en se conformant à la technique courante : le 2 octobre 1930, elles sont arrachées et

(¹) R. Combes, *Rev. gén. de Bot.*, 45, 1933, p. 133.

transportées dans un abri aéré où elles séjournent jusqu'au 13 novembre: elles sont alors placées pendant 48 heures dans une enceinte renfermant de la vapeur d'éther à la dose de $0^g,4$ par litre d'air; elles sont enfin plantées dans le sable humide d'une serre à 34-36°, dont l'atmosphère est maintenue saturée d'humidité. Dans ces conditions, les bourgeons éclosent six jours après l'éthérisation, soit le 22 novembre. Le 5 décembre, les fleurs sont complètement épanouies.

Les analyses s'adressent à des rameaux de l'année et aux bourgeons qu'ils portent. Ces organes sont traités suivant la technique employée et décrite par R. Combes pour la séparation et le dosage de l'azote protéique et de l'azote soluble.

Dans le tableau qui suit, les quantités d'azote sont rapportées à 100 d'organes desséchés, et P/S représente le rapport de l'azote protéique à l'azote soluble.

	Rameaux.			Bourgeons.		
Date.	Azote protéique.	Azote soluble.	$\frac{P}{S}$	Azote protéique.	Azote soluble.	$\frac{P}{S}$
			Azote des plantes forcées.			
16-10..........	0,831	0,134	6,17	2,132	0,281	7,58
30-10..........	0,967	0,128	7,53	2,123	0,275	7,71
13-11..........	0,940	0,116	8,10	2,187	0,267	8,19
			Éthérisation.			
16-11..........	0,959	0,148	6,45	1,974	0,300	6,57
18-11..........	0,912	0,122	7,42	2,304	0,317	7,27
20-11..........	0,755	0,132	5,69	2,662	0,546	4,88
			Éclosion des bourgeons.			
22-11..........	0,714	0,104	6,78	3,293	0,913	3,60
28-11..........	0,755	0,153	4,91	4,339	1,659	2,68
			Azote des plantes témoins en plein air.			
17-10-30......	0,842	0,102	8,20	2,034	0,208	9,79
26- 2-31......	1,015	0,096	10,54	2,296	0,237	9,70
13- 3-31......	1,321	0,237	5,57	2,339	0,308	7,58
27- 3-31......	0,839	0,151	5,52	2,217	0,412	2,62
28- 4-31......	0,543	0,150	3,59	4,123	0,856	4,81

L'azote des plantes témoins ne présentant pas de variations notables entre le 17 octobre 1930 et le 26 février 1931, aucun chiffre correspondant

à cette période n'a été indiqué. Les résultats relatifs à ces plantes mettent en évidence des phénomènes à peu près comparables à ceux constatés chez le Hêtre : variations des substances azotées surtout accusées dans les bourgeons, témoignant d'une protéogénèse accentuée, mais se produisant plus tard que chez le Hêtre.

Chez les rameaux des plantes forcées, le taux de l'azote protéique varie très faiblement après l'arrachage (du 2-10 au 13-11); il en est de même chez les témoins. L'éthérisation et la mise en serre abaissent ce taux et lui font prendre les valeurs que présenteront les témoins au cours de leur développement normal. A aucun moment l'azote soluble des rameaux ne présente de variations notables, tant chez les plantes forcées que chez les témoins.

Pour ce qui concerne les bourgeons des plantes arrachées, tandis que leur teneur en azote protéique présente la même stabilité que celle du témoin, leur teneur en azote soluble se maintient sensiblement plus forte. Après l'action de l'éther, une légère diminution du taux de l'azote protéique se manifeste chez les bourgeons, puis les deux formes d'azote augmentent très rapidement et très fortement. En particulier, l'accumulation de l'azote soluble dans les tissus des bourgeons se montre plus accentuée que chez les témoins lorsqu'ils seront parvenus aux mêmes stades. Cette accumulation rend possible une protéogénèse rapide permettant l'édification active des tissus nouveaux.

En ce qui concerne le rapport P/S chez les bourgeons, constatons que l'éthérisation lui fait subir une brusque diminution, qui s'accentue après une seule oscillation; les bourgeons des plantes forcées éclosent ainsi lorsque P/S a pris une valeur très faible comparable à celle que l'on constate chez les plantes témoins lors de l'éclosion des bourgeons.

En résumé, l'arrachage, puis l'éthérisation, placent immédiatement les tissus dans les conditions chimiques de la poussée végétative du printemps. La mise en serre chaude et humide qui succède à l'éthérisation amène des variations du métabolisme azoté très voisines de celles que présenteront au printemps les plantes de plein air. L'accroissement d'azote soluble mis à part, le forçage ne modifie pas la nature du métabolisme azoté qui caractérise l'entrée en vie active, mais il intervient en déclenchant ce métabolisme avant la date normale et il en accélère les diverses phases, qui se succèdent alors en un temps environ sept fois moins long que le temps normal.

HISTOLOGIE. — *Étude de l'action toxique des cations sur les fibroblastes cultivés* in vitro. Note [1] de MM. **J. Verne** et **C. Sannié**, présentée par M. A. Desgrez.

L'action de divers sels métalliques sur les tissus cultivés *in vitro* a déjà été envisagée, mais il s'agit de travaux dont les résultats sont assez disparates.

Nous avons recherché systématiquement l'action d'un grand nombre de sels métalliques sur les cultures *in vitro*, en prenant comme test, dans une première série d'expériences, les fibroblastes obtenus aux dépens de cultures de cœurs d'embryon de poulet.

Nous avons, dans l'immense majorité des cas, utilisé les chlorures, dont l'anion nous a semblé plus physiologique. Pour permettre de comparer les résultats, nous avons exprimé les concentrations en normalité. Dans tous les travaux effectués jusqu'à présent, les concentrations étaient exprimées en poids du sel par litre, sans tenir compte du poids moléculaire ni de la constitution des sels utilisés.

Tantôt la solution du sel étudié, faite en liquide de Ringer, était ajoutée au milieu plasma + jus embryonnaire de cultures en goutte pendante; tantôt le fragment de tissu était introduit dans le milieu salin en l'absence de plasma et de jus. Dans tous les cas, des cultures témoins sur milieu normal étaient effectuées.

Les résultats obtenus sur les cultures en milieu plasmatique nous permettent de classer les métaux en plusieurs grands groupes :

1° Métaux dépourvus de toute toxicité : alcalins (à l'exception de NH^4), Ca, Mg. dont les chlorures peuvent remplacer équimoléculairement NaCl du liquide de Ringer.

2° Métaux faiblement toxiques : NH^4, Sr, Ba, Mn, empêchant la croissance des cultures à des concentrations comprises entre N/120 et N/150.

3° Métaux moyennement toxiques (de N/200 à N/1000). Ce sont par ordre d'activité croissante : Fe, Pb, Al, UO^2, Be, Y, Pr, La, Dy, Th.

4° Métaux toxiques (de N/1000 à N/5000) : Ce, Tl, Ni, Co, Au, Pt, Cu, Zn.

5° Métaux très toxiques (au-dessus de N/10000) Cd et Hg.

Les métaux lourds forment, en présence des protides du plasma et du jus embryonnaire, des composés plus ou moins solubles. La culture est trop

---

(1) Séance du 18 avril 1933.

souvent gênée par l'importance des précipitations formées. Aussi avons-nous été conduits à essayer l'action des solutions sur les cultures dans les milieux dépourvus de plasma et de jus embryonnaire. Les fragments de tissus étaient ensuite repiqués en milieu normal pour apprécier leur vitalité.

Nous avons ainsi pu constater que le composé insoluble formé protège la culture contre l'action toxique du métal étudié.

Tel est le cas pour le plomb, le cuivre et le platine, qui se révèlent très toxiques en milieu salin et pour lesquels l'action protectrice est marquée. Cette action est moindre pour l'uranyle, le chrome, le fer et l'or. Elle est nulle pour le thallium, le cadmium et le mercure.

Enfin, pour le zinc, le nickel et le cobalt, nous avons observé que l'action toxique était sensiblement plus marquée en milieu protéique qu'en milieu salin.

L'action toxique sur les fibroblastes se fait en deux étapes. On observe d'abord la diminution du nombre des mitoses, puis leur disparition, les cellules gardant leur pouvoir d'émigration. A des concentrations plus fortes du sel métallique, l'émigration cesse à son tour.

Les actions toxiques peuvent se manifester progressivement, la diminution des mitoses étant graduelle et la zone d'extension cellulaire se réduisant de plus en plus. C'est ce que l'on observe pour le thallium, le manganèse, le magnésium et le strontium.

La présence du sel peut, au contraire, être assez bien tolérée jusqu'à un seuil au delà duquel l'augmentation de la concentration du cation amène la mort des fibroblastes en culture. C'est le cas, d'une manière générale, pour les métaux formant un composé insoluble qui protège la culture (plomb, cuivre, baryum, etc.).

Pour les métaux très peu toxiques, on voit apparaître, aux fortes doses, une dégénérescence graisseuse précoce, qui traduit souvent à elle seule la toxicité du sel employé.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action d'un rayonnement ultraviolet sur les dissolutions aqueuses de gélatine. Modifications de quelques caractères physico-chimiques. Photolyse probable.* Note de M. **P. Ponthus**, présentée par M. A. Desgrez.

1. D'après Dreyer et Jansen (1), Rajewski (2), Adolf Spiegel (3), les albumines dissoutes (pseudo-globuline, ovalbumine, sérum-albumine), les milieux protéiniques complexes tels que le sérum sanguin, peuvent sous l'action des radiations U.V. — et suivant les conditions expérimentales (présence ou absence d'électrolytes) — se coaguler ou présenter seulement certaines modifications physico-chimiques, non spécifiées d'ailleurs avec précision par ces auteurs.

Nous nous sommes proposé de rechercher, au moyen de quelques méthodes physico-chimiques, l'action d'un rayonnement U.V. global sur une protéine un peu moins compliquée que les précédentes : la gélatine isoélectrique.

2. *Expériences.* — De la gélatine en poudre, purifiée par la méthode Smith (4), est mise en dissolution à 0,25, 0,5, 0,75 pour 100 dans de l'eau distillée. La dissolution, pesée dans un couvercle préalablement taré de boîte de Petri, est placée à $0^m,50$ environ au-dessous d'un brûleur Gallois à courant continu (110 volts, 7 ampères). L'irradiation achevée (elle dure de quelques minutes à 2 heures), on ajoute de l'eau distillée pour compenser l'effet de l'évaporation et pour rétablir exactement le poids initial.

Puis : 1° à la température constante de 19° C. on mesure : l'indice de réfraction n (grand appareil de Féry); la conductibilité électrique spécifique C (pont de Kohlrausch; la densité optique δ (photomètre de Vernes, Bricq et Yvon); la viscosité relative à l'eau η/η_0 (appareil de Beaume) du liquide étudié; 2° on calcule les grandeurs $\eta/\eta_0 - 1$; $\omega = (\eta/\eta_0 - 1) 1/\delta$ sur lesquelles on a, récemment, attiré l'attention (5).

On opère, parallèlement, sur la dissolution irradiée et sur une dissolution identique, témoin, non irradiée.

---

(1) Dreyer et Jansen, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 234.

(2) Rajewski, *Bioch. Ztschr.*, 227, 1930, p. 272.

(3) Adolf Spiegel, *Wien. Klin. Wochenschr.*, 44, 1931, p. 1621.

(4) Smith, *American Chemical Soc.*, 43, 1921, p. 1350.

(5) A. Boutaric, *Rev. gén. Sciences pures et appliquées*, 42, 1931, p. 322, et Mlle Gautrot, *Thèse*, *Pharmacie*, Lyon, 1933.

3. *Résultats.* — 1° D'une part, on n'a jamais constaté de coagulation comme dans les expériences relatées ci-dessus et concernant les albumines.

2° D'autre part, voici dans un tableau, les diverses valeurs trouvées, par exemple, dans l'un de nos nombreux essais.

Solution à 0,5 °/₀........	n.	C.10^{-6}.	δ.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	$\frac{\eta}{\eta_0}-1$.	$\omega=\left(\frac{\eta}{\eta_0}-1\right)\frac{1}{\delta}$.
Solution témoin..........	1,3335	81,3	0,07	1,81	0,81	11,57
Solution irradiée 30ᵐ.....	1,3335	90	0,05	1,57	0,57	11,40
» 60ᵐ.....	1,3335	94,7	0,02	1,21	0,21	10,5

De l'examen de ce tableau découlent nettement les indications suivantes :

Par l'irradiation ultraviolette d'une dissolution de gélatine :

a, l'indice de la réfraction ne varie pas; *b*, la conductibilité électrique augmente; *c*, la densité optique s'affaisse; *d*, la viscosité diminue; *e*, le rapport ω ne varie pas de façon notable (à l'approximation près des mesures).

4. *Interprétations.* — I. En s'appuyant sur les travaux classiques : *a*, de Lord Rayleigh concernant la densité optique des milieux troubles; *b*, d'Einstein, etc., étudiant la viscosité η d'une suspension et η_0 du liquide dispersant, A. Boutaric [1] a montré que le facteur ω est proportionnel au nombre de granules élémentaires contenus dans un poids de la substance protéique (par exemple 1ᵍ à l'état sec) formant un milieu trouble.

Si l'on suppose, pour un instant, que la gélatine irradiée ne subit pas de transformation chimique, on est conduit à admettre que, dans les conditions de ces essais :

1° Les particules de gélatine ni ne s'agrègent ni ne se désagrègent physiquement.

2° Elles subissent, chacune en particulier, une diminution réelle de leur volume élémentaire par une déshydratation probable sous l'influence de l'irradiation subie. On comprendrait facilement dans ce cas : la diminution de la viscosité, de la densité optique du milieu; la diminution de sa résistivité électrique (1/C) par la réduction des dimensions des obstacles (molécules ou micelles) offerts au passage de la lumière, de l'électricité; la constance de l'indice de réfraction, en supposant valable pour la gélatine, la règle approchée de Reiss concernant la réfraction des dissolutions protéiques.

II. On peut, à la vérité, envisager d'autres explications, la suivante par

(1) A. Boutaric, *loc. cit.*

exemple. Il y aurait *photolyse* de la gélatine : diminution du volume particulaire initial par clivage de la molécule, mise en dissolution de certains groupements chimiques, définis, ainsi libérés. Cela expliquerait aisément la diminution : de la viscosité, de la densité optique, de la résistance électrique du milieu irradié; la constance de l'indice de réfraction provenant vraisemblablement d'un processus adéquat de compensation. S'il existe réellement une semblable photolyse, amenant de véritables changements dans la constitution chimique moléculaire, les modifications structurales de la gélatine devront s'accompagner nécessairement d'une variation des propriétés colligatives de la solution initiale (pression osmotique, point cryoscopique, tonométrique, etc.) et, vraisemblablement aussi, d'une perturbation de ses qualités réactionnelles (pH par exemple).

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Les réactions des échanges respiratoires à l'ingestion de glucose et à l'insuline, chez les diabétiques.* Note [1] de M. **F. Rathery**, Mme **Andrée Plantefol** et M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans l'étude physiologique du diabète, la majeure partie des recherches portant sur le métabolisme respiratoire concernent : 1° les échanges du diabétique à jeun, examiné dans les conditions où l'on détermine le métabolisme basal; 2° les échanges consécutifs à l'alimentation complexe plus ou moins riche en glucides constituant le régime même du diabétique. Il nous a semblé qu'il y avait un grand intérêt physiologique et clinique à reprendre actuellement, pour une étude approfondie, la voie ouverte par Achard et Desbouis (1913), Achard et Binet (1922) dans leurs recherches sur l' « exhalation carbonique » consécutive à l'ingestion d'un sucre par les diabétiques à jeun.

Nos recherches ont porté sur 102 cas de diabète. Les malades sont examinés le matin, à jeun depuis 12 heures, leur dernier repas n'ayant pas comporté de viande. Ils sont dans les conditions de repos nécessaires à une détermination de métabolisme basal. On les soumet successivement à deux expériences de 6 minutes environ, donnant la mesure de l'oxygène consommé, du Q. R. et permettant le calcul du métabolisme basal. On leur fait ensuite prendre 50^{g} de glucose dissous dans 200^{cm^3} d'eau. Au bout de

(1) Séance du 18 avril 1933.

60 minutes environ, pendant lesquelles ils demeurent au repos, on procède à nouveau à deux mesures des échanges respiratoires; elles fournissent, concernant l'oxygène consommé, le Q. R. et le métabolisme, des valeurs directement comparables aux précédentes.

Nous avons d'ailleurs effectué ce type de recherches dans *trois séries de conditions différentes* (et, lorsque nous le pûmes, sur les mêmes sujets, à des dates diverses au cours du traitement) :

1° Examens après un régime alimentaire se rapprochant le mieux possible du régime équilibré, *avant tout traitement insulinique*.

2° Examens consécutifs à un *traitement insulinique* durant depuis un temps suffisant, et pratiqués 24 *ou au moins* 12 *heures après* la dernière injection d'insuline.

3° Examens en cours de *traitement insulinique*, le malade recevant une injection de 20 unités d'insuline *en même temps* qu'il prend 50g de glucose.

Les principaux résultats sont les suivants :

Tandis que, chez le sujet normal, l'ingestion de 50g de glucose détermine simultanément une élévation du Q. R. qui peut atteindre l'unité et une élévation du métabolisme (de 10 à 20 pour 100), les faits rencontrés chez les diabétiques, relativement soit au Q. R., soit au métabolisme, sont très variables avec les cas individuels et les conditions expérimentales.

I. *Quotient respiratoire.* — Les *moyennes* obtenues pour toutes nos expériences, dans les trois séries de conditions énoncées précédemment, sont données par le tableau ci-dessous :

	Sans glucose.	Avec glucose.
1. Avant le traitement insulinique...	0,747	0,748
2. En traitement insulinique.......	0,758	0,776
		(inj. d'insul.)
3. »	0,763	0,863

L'examen des *cas individuels* montre que *les réactions au glucose sont de plusieurs types*.

a. *L'élévation du Q. R.* est peu fréquente, sauf dans le cas où l'ingestion de glucose est accompagnée d'une injection d'insuline. C'est alors seulement que, partant des valeurs basses caractéristiques du diabète (0,75), on voit, sous l'action du glucose, le Q. R. dépasser 0,85 et parfois remonter jusqu'à l'unité.

b. Pourtant, même après injection d'insuline, certains sujets ne présentent *aucune variation du Q. R.*; ainsi se vérifie, par l'étude des échanges respiratoires, l'existence d'une *insulino-résistance* vraie.

c. L'un des faits les plus frappants est manifesté par un groupe de diabétiques dont le Q. R. de jeûne était très bas (de 0,70 à 0,75). L'ingestion de glucose, en l'absence d'insuline, exagère chez eux *l'abaissement du Q. R.* L'action immédiate de l'insuline empêche cet abaissement supplémentaire ou même relève un peu le Q. R.

II. *Métabolisme*. — Le comportement du métabolisme, après ingestion de glucose, peut être très variable.

a. Il arrive qu'il *s'élève*, montrant qu'il peut y avoir, même chez des diabétiques consomptifs non encore traités à l'insuline, une utilisation nette du glucose. C'est pourtant après injection d'insuline que les augmentations de métabolisme sont maximales.

b. Chez de nombreux malades, le métabolisme *n'est pas modifié* par l'ingestion de glucose, qu'on pratique ou non un traitement insulinique.

c. Enfin, dans nos trois types de conditions expérimentales, un certain nombre de malades ont présenté, après ingestion de glucose, un *abaissement indiscutable du métabolisme*.

Parmi les faits rencontrés au cours de ces recherches, la différence de comportement des diabétiques après ingestion de glucose, est l'un des plus frappants. Il y a, sans doute, *plusieurs types de diabètes*. Tantôt la molécule de glucose est totalement inutilisable; tantôt elle est attaquée par l'organisme diabétique de la même manière que par l'organisme normal, et le Q. R. s'élève; tantôt elle est utilisée dans un métabolisme déterminant un abaissement de quotient dont l'explication est encore hypothétique.

De même, la diminution de métabolisme, qui, dans certains cas, suit l'ingestion de glucose, mérite une analyse toute particulière, car elle semble déceler l'existence, chez ces malades à l'état de jeûne, d'une dilapidation que fait cesser l'ingestion de glucose.

La séance est levée à 15h45m.

E. P.